



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RG141536

ANALISIS DATA SUB BOTTOM PROFILER UNTUK IDENTIFIKASI KETEBALAN SEDIMEN

(Studi Kasus : Alur Pelayaran Timur Surabaya)

M DWIKI AMIRULLAH
NRP 033114 4000 0080

Dosen Pembimbing
Khomsin, S.T., M.T.
Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan
Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember



TUGAS AKHIR – RG 141536

**ANALISIS DATA SUB BOTTOM PROFILER
UNTUK IDENTIFIKASI KETEBALAN
SEDIMEN
(Studi Kasus : Alur Pelayaran Timur Surabaya)**

M DWIKI AMIRULLAH
NRP 033114 4000 0080

Dosen Pembimbing
Khomsin, S.T., M.T.
Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT – RG 141536

**SUB BOTTOM PROFILER DATA ANALYSIS
TO IDENTIFY THE THICKNESS OF
SEDIMENTS
(Case Study : East Surabaya Access Channel)**

M DWIKI AMIRULLAH
NRP 033114 4000 0080

Supervisor
Khomsin, ST., M.T.
Danar Guruh Pratomo. ST., M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS DATA *SUB BOTTOM PROFILER* UNTUK
IDENTIFIKASI KETEBALAN SEDIMEN
(Studi Kasus : Alur Pelayaran Timur Surabaya)**

Nama Mahasiswa : M Dwiki Amirullah
NRP : 03311440000080
Departemen : Teknik Geomatika.
Dosen Pembimbing : Khomsin, ST., M.T.

Danar Guruh Pratomo. ST., M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Salah satu instrument akustik yang digunakan untuk pengukuran dasar perairan adalah *sub bottom profiler*. Instrument ini menggunakan sinyal akustik frekuensi rendah yang memiliki kemampuan untuk menembus lapisan dasar laut sampai dengan kedalaman beberapa meter. Tujuan dari survei menggunakan *sub bottom profiler* yaitu untuk melakukan investigasi dan identifikasi lapisan dasar laut sehingga diperoleh informasi penting yang berhubungan dengan stratigrafi dasar laut.

Data yang diolah merupakan data sekunder yang berasal dari Distrik Navigasi Kelas 1 Surabaya dimana lokasi pengambilan data berada di daerah Alur Pelayaran Timur Surabaya. Data berupa Raw data *sub bottom profiler*, Raw data single beam, serta data pasut dan *sound velocity profiler* yang telah diolah. Lokasi penelitian merupakan perairan yang digolongkan sebagai perairan dangkal. Hal ini dapat dilihat dari nilai kedalaman yang berkisar antara 2,51 sampai 5,95 m terhadap LWS. Interpretasi citra dasar laut menunjukkan adanya pengaruh *hue saturation*. Dimana urutan *hue saturation* sedimen dari terang kegelap yaitu batu karang, pasir, lumpur berpasir, dan lumpur. Sedimen pada daerah Alur Pelayaran Timur Surabaya didominasi oleh jenis sedimen lumpur berpasir

dengan luas area sedimen 93.133 m² pada area penelitian. Luas total area sedimen pada area penelitian yaitu 276.891 m². Terdapat tiga lapisan sedimen. Pola refleksi seismik pada konfigurasi data bersifat seragam (*parallel*) dan relative seragam (*subparallel*). Ketebalan antara dasar permukaan laut dengan lapisan pertama memiliki sedimen penyusun berupa lumpur berpasir. Volume total ketebalan lapisan sedimen adalah 17.945.928,40 m³.

Kata Kunci : *sub bottom*, lapisan Sedimen, ketebalan sedimen, lumpur berpasir.

***SUB BOTTOM PROFILER DATA ANALYSIS TO IDENTIFY
THE THICKNESS OF SEDIMENTS
(Case Study : East Surabaya Access Channel)***

Name : M Dwiki Amirullah
Student Id : 03311440000080
Department : Teknik Geomatika.
Supervisors : Khomsin, ST., M.T.

Danar Guruh Pratomo. ST., M.Sc.,Ph.D.

ABSTRACT

Sub Bottom Profiler is an acoustic instrument used to acquire the information below the seafloor. This instrument uses a low frequency acoustic and is able to penetrate the sediment under the seafloor up to several water in depter. The purpose of the Sub Bottom Profiler survey is to investigate and identify the stratigraphy of the ocean bottom.

The research processed the data collected by the Navigation Distric of Surabaya. The site location is in East Surabaya Acces Channel. Which is classified as a shallow water area. The depth ranges from 2.51 in to 5. 95 m with respect to LWS. Side Scan Sonar Interpretation based on the sediment in this area is classified into rock sand, sandy-mud, and mud. Sandy mud is dominated this area with approve modely 93, 133 m² of 276,891 m² in to area. There are three layers of sediment. The pattern of seismic reflection data are uniform configuration (parallel) and relative uniform (subparallel). The thickness between the base of the sea surface and the first layer has a constituent sediments form the sandy mud. The total volume of the thickness of the layer sediment is 17,945,928.40 m³.

Key Word : Sub bottom profiler, Layer of sediment, Thickness of sediment, sandy mud.

**ANALISIS DATA SUB BOTTOM PROFILER UNTUK
IDENTIFIKASI KETEBALAN SEDIMEN**

(Studi Kasus : Alur Pelayaran Timur Surabaya)

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**M DWIKI AMIRULLAH
NRP. 03311440000080**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Khomsin, ST., M.T.

NIP. 19750705 200012 1 001

Danar Guruh Pratomo, ST., M.Sc., Ph.D

NIP. 19800507 200312 1 001



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul “**Analisis Data Sub Bottom Profiler Untuk Identifikasi Ketebalan Sedimen (Studi Kasus : Alur Pelayaran Timur Surabaya)**” ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Selama pelaksanaan penelitian tugas akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan secara moral maupun material. Atas segala bantuan dan dukungan tersebut, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua beserta seluruh keluarga penulis yang selama pelaksanaan tugas akhir sampai pembuatan laporan ini memberikan inspirasi, semangat, kasih sayang dan seluruh dukungannya kepada penulis.
2. Bapak Mokhamad Nur Cahyadi, ST, MSc, Ph.D, selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika ITS.
3. Bapak Khomsin, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan sarannya.
4. Bapak Danar Guruh Pratomo, ST, M.T, Ph.D, selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan sarannya
5. Bapak Shofa dan Robi selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan saran selama melaksanakan pengolahan data tugas akhir di Distrik Navigasi Kelas 1 Surabaya.
6. Teman-teman G16 yang telah menemani selama ini
7. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Penulis sangat mengharapkan saran dan masukan sebagai pembelajaran bagi penulis untuk menjadi lebih baik. Penulis menyadari bahwa dalam laporan ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya.

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih atas segala kesempatan yang telah diberikan, semoga penelitian ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 5 Juli` 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
HALAMAN PENGESAHAN	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Survei Hidrografi.....	5
2.1.1 <i>Singlebeam Echosounder</i>	6
2.1.2 <i>Side Scan Sonar</i>	9
2.2 Survei Seismik.....	11
2.2.1 <i>Sub Bottom Profiler</i>	12
2.3 Sedimen Dasar Perairan	16
2.4 Perhitungan Volume	17

2.5 Penelitian Terdahulu.....	20
BAB III METODELOGI PENELITIAN	23
3.1 Lokasi Penelitian	23
3.2 Data dan Peralatan.....	24
3.2.1 Data	24
3.2.2 Peralatan	24
3.3 Metodologi Penelitian.....	25
3.3.1 Metode Pelaksanaan Penelitian	25
BAB IV HASIL DAN ANALISA	33
4.1 Peta Batimetri	33
4.2 Analisis <i>Side Scan Sonar</i>	34
4.3 Analisis <i>Sub Bottom Profiler</i>	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi Pemeruman dengan Singlebeam	6
Gambar 2. 2	Ilustrasi Penarikan Offset Kedudukan Alat	9
Gambar 2. 3	Ilustrasi Survei <i>Side Scan Sonar</i>	10
Gambar 2. 4	Ilustrasi Cara Kerja <i>Instrument Sub Bottom Profiler</i>	12
Gambar 2. 5	Tipe-tipe Koefisien Seismik	15
Gambar 2. 6	Metode Grid Borrow Pit	18
Gambar 2. 7	Metode Kontur	19
Gambar 2. 8	Metode Penampang Melintang	19
Gambar 3. 1	Area Penelitian Alur Pelayaran Timur Surabaya.	23
Gambar 3. 2	Diagram Tahapan Penelitian	25
Gambar 3. 3	Tahap Pengolahan Data.....	27
Gambar 4. 1	Hasil Tampilan Data Batimetri Yang Telah Di <i>Ploting</i>	33
Gambar 4. 2	Hasil Tahapan Pemerosesan Citra Bawah Laut.	35
Gambar 4. 3	Hasil Mosaik Citra Bawah Laut Yang Telah Di <i>Ploting</i> Pada Peta Dasar.	37
Gambar 4 4	Fitur Lumpur Pada Citra <i>Side Scan Sonar</i>	38
Gambar 4 5	Fitur Lumpur Berpasir Pada Citra <i>Side Scan Sonar</i>	39
Gambar 4. 6	Fitur Pasir Pada Citra <i>Side Scan Sonar</i>	39
Gambar 4. 7	Fitur Karang Pada Citra <i>Side Scan Sonar</i>	40
Gambar 4. 8	Fitur Karang Pada Citra <i>Side Scan Sonar</i>	43
Gambar 4. 9	Hasil <i>Input</i> data SBP	44
Gambar 4. 10	Hasil Koreksi <i>Auto Range, Bottom Tracking</i> , dan TVG.....	44
Gambar 4. 11	Hasil Proses <i>Dynamic Range</i> pada Data SBP	45
Gambar 4. 12	Hasil Digitasi Batas Lapisan pada Data SBP.....	46
Gambar 4. 13	Hasil Pewarnaan Area Ketebalan dan Diagram <i>Fance</i> Data SBP.....	47
Gambar 4. 14	Hasil Digitasi Batas Lapisan Sampai Lapisan Kedua.	48

Gambar 4. 15	Lintasan yang Tidak Memiliki Lapisan ke Dua..	48
Gambar 4. 16	Hasil Digitasi Batas Lapisan Sampai Lapisan ke Tiga.....	49
Gambar 4. 17	Lintasan Yang Tidak Memiliki Lapisan ke Tiga.	49
Gambar 4. 18	Hasil Filtering Band Pass.	50
Gambar 4. 19	Hasil Sampel Pemodelan Ketebalan Sedimen Antar Lapisan.	51
Gambar 4. 20	Hasil Akhir Pemodelan Seluruh Ketebalan Sedimen Antar Lapisan.....	51
Gambar 4 21	Ketebalan Sedimen Antara Dasar Laut dengan Lapisan Pertama.	53

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1	Luasan Fitur Dasar Laut Hasil Interpretasi.	41
Tabel 4. 2	Koordinat Dan Jenis Sampel Lapangan	41
Tabel 4. 3	Volume dan Nilai Ketebalan Sedimen Antar Lapisan	52

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Survei batimetri adalah proses pemetaan dasar perairan, dimulai dari pengukuran, pengolahan, hingga visualisasi dasar perairan (Poerbandono dan Djunarsjah 2005). Morfologi dasar laut merupakan bagian dari panorama permukaan dasar laut yang berkaitan dengan proses-proses geologi dalam pembentukan dan perkembangannya. Berdasarkan peta batimetri Indonesia, pola batimetri yang berkembang memperlihatkan morfologi dasar laut mengikuti garis pantai dan pola hasil tektonik (Salahuddin dkk 2001). Informasi mengenai batimetri dan morfologi dasar laut selanjutnya digunakan untuk perencanaan dan pertimbangan dalam menentukan jalur pelayaran yang aman.

Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) merupakan alur pelayaran yang menghubungkan kapal-kapal yang akan berlabuh di Pelabuhan Tanjung Perak dari Laut Utara Jawa. Sedangkan Alur Pelayaran Timur Surabaya (APTS) merupakan penghubung pelabuhan-pelabuhan di APBS dengan pelabuhan di Jawa Timur antara lain Pelabuhan Pasuruan, Probolinggo, Panarukan, Kalbut, Branta, Kalianget, dan Banyuwangi serta Pelabuhan di wilayah Indonesia bagian Tengah dan Timur. Penetapan APTS sangat penting dikarenakan lalu lintas kapal yang keluar masuk ke Pelabuhan Tanjung Perak sudah sangat padat dan dapat membahayakan keselamatan pelayaran sehingga diperlukan alur pelayaran lain selain APBS (Setyobudi 2017). Selanjutnya, untuk menentukan penetapan APTS ini diperlukan pengukuran dasar perairan.

Salah satu instrument akustik yang digunakan untuk pengukuran dasar perairan adalah *Sub Bottom Profiler*. Instrument ini menggunakan sinyal akustik frekuensi rendah yang memiliki kemampuan untuk menembus lapisan dasar laut sampai dengan kedalaman beberapa meter. Tujuan dari survei

menggunakan *Sub Bottom Profiler* yaitu untuk melakukan investigasi dan identifikasi lapisan dasar laut sehingga diperoleh informasi penting yang berhubungan dengan stratigrafi dasar laut (Saputra 2017).

Pada penelitian ini, data analisa ketebalan sedimen didapatkan dari survei di wilayah Alur Pelayaran Timur Surabaya dengan menggunakan *Sub bottom profiler* innomar SES 2000 *light plus*. Survei *singlebeam ecosounder* juga dilakukan untuk menentukan kedalaman secara akurat karena hasil ukuran batimetri menggunakan alat SBP tidak sesuai dengan standar yang dibutuhkan berdasarkan IHO - 2008 atau SNI (Afif 2017). Selanjutnya perlu dilakukan pengolahan data hasil survei *sub bottom profiler* untuk memperoleh informasi yang dimaksud. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis data dari SBP untuk selanjutnya dilakukan identifikasi ketebalan sedimen. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan keamanan wilayah Alur Pelayaran Timur Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana kondisi dasar Perairan Alur Pelayaran Timur Surabaya ?
- b. Bagaimana melakukan olah data citra bawah laut dari data *side scan sonar* ?
- c. Bagaimana melakukan pemodelan ketebalan sedimen dari data *sub bottom profiler* ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Wilayah pengambilan data berada di perairan Alur Pelayaran Timur Surabaya.
- b. Survei pengambilan data batimetri menggunakan *singlebeam ecosounder*.

- c. Data *sub bottom profiler* berasal dari Instrumen Innomar SES 2000 *light plus*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Menyajikan peta batimetri perairan Alur Pelayaran Timur Surabaya.
- b. Analisis data citra bawah laut terhadap data *side scan sonar*.
- c. Analisis ketebalan sedimen dan pemodelan ketebalan sedimen terhadap data *sub bottom profiler*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Menghasilkan peta batimetri perairan Alur Pelayaran Timur Surabaya.
- b. Menghasilkan peta citra bawah laut dari data *side scan sonar* Alur pelayaran Timur Surabaya.
- c. Menghasilkan analisis dan pemodelan ketebalan sedimen yang selanjutnya dapat digunakan sebagai informasi dasar dalam pengembangan wilayah perairan Alur Pelayaran Timur Surabaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

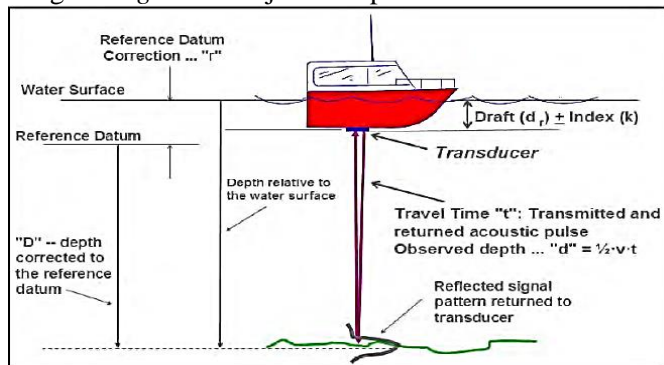
2.1 Survei Hidrografi

Hidrografi menurut *International Hydrographic Organization* (IHO) adalah ilmu tentang pengukuran dan penggambaran parameter-parameter yang diperlukan untuk menjelaskan sifat-sifat dan konfigurasi dasar laut secara tepat, hubungan geografisnya dengan daratan, serta karakteristik-karakteristik dan dinamika-dinamika lautan. Salah satu parameter yang diperlukan untuk menjelaskan sifat-sifat dan konfigurasi dasar laut adalah kedalaman laut. Untuk mendapatkan sebuah data kedalaman, perlu dilakukan survei batimetri. Selain itu, survei batimetri digunakan untuk menentukan kondisi topografi dasar laut dan menentukan posisi titik di dasar perairan dalam suatu sistem koordinat tertentu, sehingga menghasilkan model bentuk topografi dasar laut yang divisualisasikan dalam peta batimetri. Agar memenuhi syarat kualitas peta batimetri yang baik, dijelaskan pada publikasi khusus SP-44 tahun 2008, bahwa survei batimetri harus mengacu pada standar minimum ketelitian *International Hydrographic Organization* (IHO) (Rismanto 2001). Selain itu teknologi penginderaan jauh bawah laut juga di perlukan untuk menentukan karakteristik dinamika lautan dengan menghasilkan tampilan kenampakan permukaan dasar suatu perairan (Manik, Junaedi, dan Harsono 2016).

Salah satu metode yang diterapkan pada dasar laut yaitu dengan menggunakan metode akustik dasar laut. Akustik dasar laut mempunyai keterkaitan antara lain dalam proses perambatan sinyal akustik pada perairan yang mampu memberikan informasi dasar perairan dan penentuan posisi di perairan. Beberapa teknologi akustik dasar laut yaitu *singlebeam ecosounder* dan *side scan sonar*.

2.1.1 *Singlebeam Echosounder*

Singlebeam echosounder merupakan alat ukur kedalaman air yang menggunakan pancaran tunggal sebagai pengirim dan penerima sinyal gelombang suara. Sistem batimetri dengan menggunakan *singlebeam* secara umum mempunyai susunan *transciever* (*tranducer/reciever*) yang terpasang pada lambung kapal. Sistem ini mengukur kedalaman air secara langsung. *Transciever* yang terpasang pada lambung kapal mengirimkan pulsa akustik dengan frekuensi tinggi yang terkandung dalam beam (gelombang suara) secara langsung menyusuri bawah kolom air. Energi akustik memantulkan sampai dasar laut dari kapal dan diterima kembali oleh *tranciever*. *Transciever* terdiri dari sebuah *transmitter* yang mempunyai fungsi sebagai pengontrol panjang gelombang pulsa yang dipancarkan. *Transmitter* ini menerima secara berulang-ulang dalam kecepatan yang tinggi, sampai pada orde kecepatan milisekon. Perekaman kedalaman air secara berkesinambungan dari bawah kapal menghasilkan ukuran kedalaman beresolusi tinggi garis trak yang dilalui oleh kapal (Urlick 1983). Ilustrasi pemeruman dengan *Singlebeam* dijelaskan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Ilustrasi Pemeruman dengan Singlebeam (Corps of Engineers 2013)

Pada Gambar 2.1, *Singlebeam echosounder* menghasilkan sinar tunggal yang dikirim vertikal ke dalam air. *Singlebeam echosounder* sering digunakan untuk mendapatkan kedalaman langsung di bawah kapal, sehingga dapat menghindari bias lebar-beam yang disebabkan oleh lereng bawah air. Dengan prinsip seperti ini kedalaman dasar perairan dapat diketahui dan dengan memanfaatkan GPS, posisi x,y dan z titik di permukaan dasar perairan dapat ditentukan. Kedalaman ini digunakan baik untuk keselamatan atau navigasi atau untuk pemetaan dasar laut. Kedalaman yang lebih besar harus diperbaiki untuk pergerakan *roll* dan *pitch* sehingga perlu dikoreksi dengan *heave-roll-pitch sensor* (Xu 2010). Selain itu, perbedaan salinitas kolom air juga mempengaruhi cepat rambat sinyal yang ditransmisikan oleh medium. Untuk hal ini biasanya dilakukan pengukuran menggunakan sound velocity profiler untuk mengetahui kecepatan gelombang akustik di setiap kolom air.

Di samping kesalahan-kesalahan tersebut, pasang surut air laut merupakan sumber kesalahan utama dalam kegiatan pemeruman (Gunathilaka dan Mahmud 2014). Koreksi pasang surut berfungsi untuk mendapatkan nilai kedalaman terkoreksi pada saat pemeruman telah dilakukan. Nilai kedalaman terkoreksi titik pemeruman dihitung dengan rumus sebagai berikut (Soeprapto 1999 dalam Rinaldy, Laila, dan Subiyanto 2014) :

$$D = dr - rt \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana:

D : kedalaman sebenarnya (m).

dr : kedalaman setelah penambahan nilai *draft* (m).

rt : Reduksi data pengukuran kedalaman (m).

Besarnya koreksi pasang surut adalah nilai kedalaman (yang telah terkoreksi *transducer*) yang direduksi pada kedudukan permukaan laut saat pengukuran berlangsung. Rumus koreksi pasang surut air laut adalah sebagai berikut (Soeprapto 1999 dalam Rinaldy, Laila, dan Subiyanto 2014) :

$$rt = TWL_t - MSL + Z_0 \dots \dots \dots (2-2)$$

Dimana:

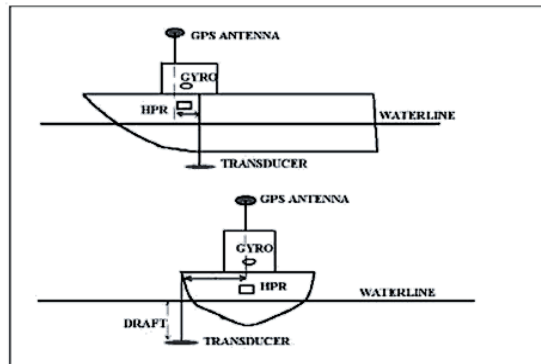
rt : Besarnya reduksi pada data pengukuran (m).

TWL_t : Tinggi kedudukan muka laut pada waktu pengukuran (muka laut sesaat) (m).

MSL : Tinggi kedudukan muka air laut rata-rata (m).

Z_0 : Tinggi kedudukan muka surutan ke MSL (m).

Dalam penelitian tugas akhir ini, data batimetri yang didapatkan dari instrument *singlebeam* digunakan untuk mengetahui kedalaman dari alur pelayaran. Selanjutnya data kedalaman yang didapatkan disajikan dalam bentuk peta batimetri. Perbandingan kedalaman antara data yang dihasilkan oleh *single beam echosounder* dengan data kedalaman hasil perekaman alat *subbottom profiler* tidak dapat dilakukan karena perbedaan fungsi alat dan spesifikasi. Alat *single beam* menggunakan pancaran gelombang berfrekuensi tinggi sedangkan *sub bottom profiler* menggunakan pancaran gelombang berfrekuensi rendah (Afif 2017). Pada saat pengukuran dilakukan pengaturan peletakan alat atau offset alat, agar kedalaman dari alat memiliki posisi yang sama. Di bawah ini merupakan offset alat terhadap garis tengah baik dilihat dari depan maupun dari samping kapal :

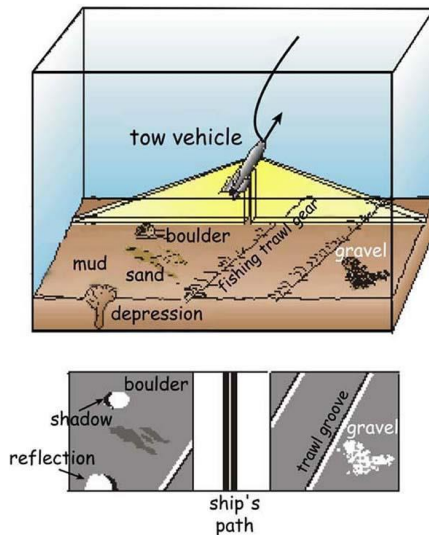


Gambar 2. 2 Ilustrasi Penarikan Offset Kedudukan Alat
(Mann 1996 dalam Sasmita 2008)

Pada Gambar 2. 2 , pengaturan peletakan alat atau offset alat dilakukan dengan mengukur kedudukan alat terhadap garis tengah dari kapal atau pusat kapal. Kedudukan alat yang diukur antara lain GPS antenna, *Tranducer*, kompas gyro, dan HPR sebagai pusat garis tengah offset.

2.1.2 Side Scan Sonar

Survei menggunakan alat *side scan sonar* bertujuan untuk mendapatkan data citra kenampakan dasar laut (*seabed features*). Teknologi ini menggunakan pancaran gelombang akustik untuk menentukan jenis sedimen dan objek-objek yang berada di permukaan dasar laut. *Side scan sonar* merekam nilai hambur balik yang dipantulkan oleh permukaan dasar laut dalam bentuk energi listrik. Instrumen ini mampu membedakan besar kecil partikel penyusun permukaan dasar laut seperti batuan, lumpur, pasir, kerikil, atau tipe-tipe dasar perairan lainnya (Bartholoma 2006 dalam Manik, Junaedi, dan Harsono 2016). Ilustrasi survei survei *side scan sonar* dijelaskan pada Gambar 2. 3.



Gambar 2. 3. Ilustrasi Survei Side Scan Sonar
(NOAA 2002)

Citra yang dihasilkan menggunakan alat *side scan sonar* pada umumnya menghasilkan gambaran *monochrome* atau hitam putih. Hasil ini menampilkan tingkat kecerahan pada permukaan dasar laut, semakin cerah gambaran permukaan dasar laut maka semakin keras objek tersebut, sebaliknya semakin gelap gambaran permukaan yang dihasilkan menandakan bahwa objek tersebut berupa objek lunak. Variasi warna dari warna gelap dan terang pada citra *side scan sonar* menunjukkan energi hambur balik yang dihasilkan dari dasar laut (Chavez dkk 2002 dalam Manik, Junaedi, dan Harsono 2015).

Penerapan koreksi geometrik dan radiometrik dibutuhkan untuk meningkatkan hasil citra. Koreksi geometrik merupakan koreksi terhadap masalah geometris dari pencitraan dasar laut. Koreksi ini menyebabkan bagian *blind zone* dari citra di setiap *track*

lines menjadi hilang. Sedangkan koreksi radiometrik berfungsi untuk memperbaiki tampilan citra. Koreksi radiometrik mempengaruhi digital number yang ditetapkan pada setiap pixel sehingga meningkatkan kualitas dalam citra. Koreksi geometrik dan radiometrik akan menghasilkan mosaik citra permukaan dasar laut sehingga siap untuk dilakukan kegiatan interpretasi (Manik, Junaedi, dan Harsono 2015). Interpretasi terhadap citra *side scan sonar* dapat dilakukan secara kualitatif untuk mendapatkan sifat-sifat fisik dari material dan penentuan bentuk objek atau secara kuantitatif untuk mendefinisikan hubungan antara posisi kapal, posisi *towfish*, dan posisi objek (Mahyuddin 2008). .

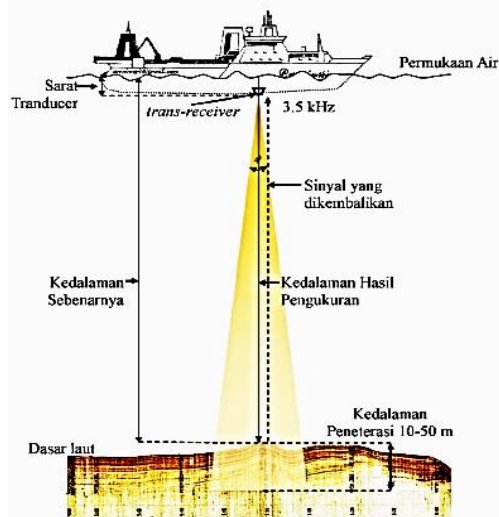
2.2 Survei Seismik

Metode seismik merupakan salah satu metode eksplorasi yang didasarkan pada pengukuran respon gelombang suara yang menjalar pada suatu medium dan kemudian direfleksikan dan direfraksikan sepanjang perbedaan lapisan sedimen atau batas-batas batuan. Menurut Sanny (1998), kualitas data seismik sangat ditentukan oleh kesesuaian antara parameter pengukuran lapangan yang digunakan dengan kondisi lapangan yang ada. Kondisi lapangan yang dimaksud adalah kondisi geologi dan kondisi daerah survei.

Dalam penelitian ini, metode seismik yang digunakan adalah metode seismik refleksi. Refleksi permukaan air menghasilkan inteferensi antara gelombang *upgoing* (mengarah keatas) dan *downgoing* (mengarah kebawah) yang mempengaruhi *bandwith* dari data seismik laut (Doloksaribu 2010). Metode seismik refleksi dibagi menjadi dua yaitu metode seismik dangkal dan metode seismik dalam. Seismik dangkal (*shallow seismik reflection*) biasanya diaplikasikan untuk eksplorasi batubara dan bahan tambang lainnya. Sedangkan seismik dalam digunakan untuk eksplorasi daerah prospek hidrokarbon (minyak dan gas bumi).

2.2.1 *Sub Bottom Profiler*

Pemetaan menggunakan *Sub Bottom Profiler* (SBP) adalah teknik penginderaan bawah permukaan yang secara umum menggunakan alat khusus yang memancarkan gelombang akustik yang memiliki sistem gelombang satu saluran (*single channel*) dan digunakan untuk menampilkan profil seismik dasar laut dangkal (Penrose 2005). Sistem akustik yang digunakan SBP sama dengan sistem akustik yang digunakan pada *echosounder*. Pada Gambar 2. 4, sumber suara mengeluarkan sinyal secara vertikal ke arah bawah melewati air dan receiver menerima sinyal yang kembali setelah dipantulkan oleh lapisan dasar laut. Beberapa sinyal akustik akan menembus lapisan dasar dan akan dipantulkan ketika bertemu batas antara dua lapisan yang memiliki sifat keakustikan yang berbeda atau disebut impedansi akustik (*acoustic impedance*).



Gambar 2. 4 Ilustrasi Cara Kerja *Instrument Sub Bottom Profiler* (Amri 2016)

Impedansi askustik berkaitan dengan tingkat densitas dari material dan nilai saat gelombang akustik melewati lapisan-lapisan permukaan dasar laut. . Pada Gambar 2. 4 diilustrasikan proses perambatan energi gelombang pada dasar perairan. Ketika terjadi perubahan nilai hambatan pada gelombang akustik, seperti permukaan air yang dipengaruhi oleh sedimen, maka gelombang akustik akan memantul. Beberapa energi gelombang akustik juga mampu diteruskan melewati air dan sedimen. Energi ini akan dipantulkan ketika bertemu dengan lapisan sedimen di bawahnya yang memiliki tingkat impedansi berbeda (Rienstra dan Hirschberg 2004). Prinsip kerja sistem *sub-bottom profiler* ini juga menggunakan energi yang dipantulkan kembali ketika menemui lapisan-lapisan sedimen dengan impedansi yang bervariasi untuk membentuk profil dari dasar laut. Rumus impedansi akustik dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$IA = \rho \times v \dots\dots\dots(2-3)$$

keterangan:

IA : impedansi akustik (kg/m²s).

ρ : densitas medium (kg/m³).

v : kecepatan gelombang sesimik (m/s).

Satuan dari impedansi akustik kg/m²s dan sering dinyatakan dalam rayl, dimana 1 rayl = 1 kg/m²s adalah harga impedansi akustik yang dapat diperkirakan dari harga amplitudo refleksi, semakin besar amplitudo refleksi, maka semakin besar impedansi akustiknya.

Hubungan antara Impedansi akustik dan masa jenis sedimen dapat dinyatakan sebagai Koefisien R efleksi (KR). Persamaan koefisien refleksi dapat diuraikan pada persamaan berikut:

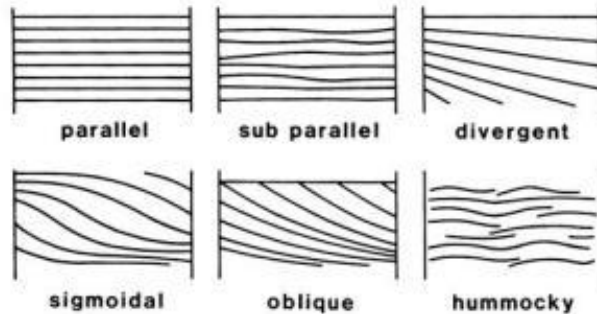
$$KR = \frac{V_{p2} \rho_2 - V_{p1} \rho_1}{V_{p2} \rho_2 + V_{p1} \rho_1} = \frac{IA_2 - IA_1}{IA_2 + IA_1} \dots\dots\dots(2-4)$$

keterangan:

KR : koefisien refleksi
 VP1 dan VP2 : kecepatan gelombang P pada medium 1 dan medium 2 (m/s).
 ρ_1 dan ρ_2 : densitas medium 1 dan medium 2 (kg/m³).
 IA1 dan IA2 : impedansi akustik medium (kg/m²s). (Innomar 2017)

Perbedaan impedansi akustik antar medium mempengaruhi koefisien refleksi sehingga lapisan geologi dapat terlihat oleh posisi koefisien refleksi. (Saputra 2017).

Konfigurasi refleksi menyatakan bentuk kasar stratifikasi dari proses pengendapan, erosi, dan paleotopografi menjadi dapat diinterpretasi. Unit seismik 3D berasal dari kumpulan refleksi dimana parameter refleksi internal, bentuk eksternal, dan 3D dari asosiasi fasies seismik tersebut tergambarkan dan dapat diinterpretasikan ke bentuk keadaan lingkungan, proses pengendapan, dan estimasi dari litologi. Pada Gambar 2. 5 diperlihatkan tipe-tipe koefisien refleksi. Koefisien pola refleksi dibagi menjadi tiga tipe, yaitu tipe paralel dan subparalel, menyebar (*divergen*), serta progradasi (*sigmoidal*, *oblique*, dan *hummocky*) (Silean 2015).



Gambar 2. 5 Tipe-tipe Koefisien Seismik (Silaen 2015)

Pada penelitian ini, data diambil dari instrumen *Sub Bottom Profiler Innomar SES 2000 ligh plus* dalam bentuk format .ses yang selanjutnya dilakukan ekstraksi data seismik. Data seismik kemudian diolah untuk mendapatkan gambaran ketebalan sedimen. Menurut spesifikasi *Sub Bottom Profiler Innomar SES 2000 ligh plus*, penetrasi gelombang terhadap sedimen berkisar antara 0 sampai 40 meter tergantung tipe sedimen dan gangguan yang terjadi pada gelombang. Spesifikasi instrument selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 2. 1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Instrument *Sub Bottom Profiler* (Innomar 2017)

Sub Bottom Profiler	
Kedalaman kolom air	0.5-400 m
Penetrasi sedimen	sampai 40 m (bergantung kepada tipe sedimen dan gangguan)
Resolusi layer	<1cm/sampai 5 cm)
Lebar beam Transmit (-3dB)	approx +-2 derajat/ lebar sapuan <7% dari kedalaman air
Frekuensi primer	approx 100kHz (frekuensi band 85 - 115 kHz)

Frekuensi rendah kedua	bisa dipilih : 4,5,6,8,10,12,15 khz
Lebar pemancaran gelombang	bisa dipilih : 0.07-1.0 ms
Tipe pemancaran gelombang	ricker, CW
<i>Ping rate</i>	sampai 50 ping/s
<i>Auxiliary Input</i>	GNSS, HRP sensor, trigger
<i>Auxiliary output</i>	trigger, bottom track, analogue SLF
<i>Power supply</i>	100-240V AC / <250W (opt, DC power coverter)

2.3 Sedimen Dasar Perairan

Sedimentasi yaitu proses pembentukan sedimen atau batuan sedimen yang diakibatkan oleh pengendapan dari material pembentuk atau asalnya pada suatu tempat yang disebut dengan lingkungan pengendapan berupa sungai, muara, danau, delta, estuaria, laut dangkal sampai laut dalam. Sedimen dasar perairan tersusun oleh pecahan batuan, mineral atau bahan organik yang ditransportasikan dari berbagai sumber secara vertikal maupun secara horizontal dan diendapkan oleh udara, air, dan es. Seluruh permukaan dasar laut ditutupi oleh partikel-partikel sedimen yang diendapkan secara perlahan-lahan dalam jangka waktu berjuta-juta tahun (Garrison 2005). Pengendapan sedimen secara perlahan-lahan dalam jangka waktu berjuta-juta tahun akan membentuk susunan lapisan dasar laut.

Sebaran sedimen yang terdapat di dasar laut bergantung pada keadaan dasar laut. Terdapatnya arus yang kuat akan mengakibatkan terjadinya pemindahan sedimen jauh dari sumbernya. Adanya perpindahan sedimen akan mengakibatkan terjadinya perbedaan ketebalan dari lapisan dasar laut (Seibold dan Berger 1993). Total perpindahan sedimen yang terangkut dalam kolom air menyebabkan

terakumulasinya sedimen dan membentuk lapisan di dasar laut dengan nilai ketebalan dan konsentrasi tertentu.

Sedimen yang terakumulasi dapat menyebabkan pendangkalan pada daerah alur pelayaran sehingga dapat mengganggu aktivitas dan keamanan navigasi pelayaran. Pengukuran terhadap daerah alur pelayaran perlu dilakukan untuk menganalisis nilai ketebalan dan konsentrasi sedimen yang selanjutnya dapat dijadikan sebagai masukan data kepada pihak terkait untuk pengembangan pelabuhan dan alur pelayaran di masa yang akan datang (Arifin, Hutagaol dan Hanafi 2003).

2.4 Perhitungan Volume

Prinsip hitungan volume adalah satu luasan dikalikan satu wakil tinggi. Apabila ada beberapa luasan atau beberapa tinggi maka dibuat wakilnya, misalnya dengan merata-ratakan luasan ataupun merata-ratakan tingginya. Volume mempunyai dimensi kubik, misalnya meter kubik (m^3). Metode yang dapat digunakan untuk menghitung volume, antara lain:

a. Metode *Grid "Borrow Pit"*

Cara perhitungan ini dilakukan dengan membuat *grid*/kavling dengan informasi elevasi di setiap sudutnya. Volume didapatkan dengan mengalikan tinggi rata-rata pada setiap kavlingan luasan dengan luasan masing-masing kavling. Volume total adalah jumlah volume dari keseluruhan kavling seperti ditunjukkan pada persamaan (Umeryono 1989).

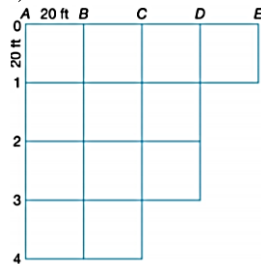
$$V = \frac{A}{4} (1 \times \sum h_1 + 2 \times \sum h_2 + 3 \times \sum h_3 + 4 \times \sum h_4) \dots \dots \dots (2-5)$$

Keterangan :

V : Volume total (m^3).

A : luas penampang satu kavling yang seragam (m^2)

- h_1 : tinggi yang digunakan untuk menghitung volume
1 kali (m)
 h_2 : tinggi yang digunakan untuk menghitung volume
2 kali (m)
 h_3 : tinggi yang digunakan untuk menghitung volume
3 kali (m)
 h_4 : tinggi yang digunakan untuk menghitung volume
4 kali (m)



Gambar 2. 6 Metode Grid Borrow Pit (Umaryono 1989)

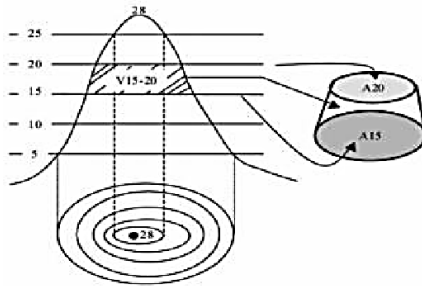
- b. Metode kontur atau *composite*. Prinsip perhitungan volume ini yaitu menggunakan metode *cut and fill* dengan menghitung luasan dua penampang yaitu penampang atas (design surface) dan penampang bawah (base surface) . Luas penampang didapatkan dari luas rata-rata pada elevasi tertentu dikalikan dengan interval konturnya. Hasil akhir adalah jumlah hitungan volume di setiap intervalnya (Umaryono 1989).

$$V = \left(\frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n} \right) \times ((n - 1) \times d) \dots \dots \dots (2-6)$$

Keterangan :

- V : Volume total (m³).
 $A_1, A_2, \text{ dan } A_n$: Luas penampang 1, 2 dan n
diukur dengan planimeter (m²).

d : interval kontur (umumnya sama) (m).



Gambar 2. 7 Metode Composite (Umaryono 1989)

c. Metode Penampang Melintang atau *Section*

Cara penampang melintang pada dasarnya mirip dengan metode *Composite* di mana luasan rata-rata tiap penampang dikalikan dengan jarak antar penampang untuk menghitung volumenya seperti persamaan berikut (Umaryono 1989):

$$V = \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L \dots \dots \dots (2-7)$$

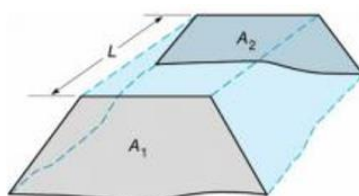
Keterangan :

V : Volume total (m^3).

A_1 : luas penampang 1 (m^2).

A_2 : luas penampang 2 (m^2).

L : jarak antar penampang 1 dan 2 (m).



Gambar 2. 8 Metode Penampang Melintang (Umaryono 1989)

Pada penelitian ini , metode perhitungan volume ketebalan sedimen yang digunakan yaitu metode *composite volume* karena

setiap lapisan memiliki kontur yang terbentuk dari variasi kedalaman sehingga dapat diketahui luas area dan interval konturnya.

2.5 Penelitian Terdahulu

Putri (2017) melakukan penelitian tentang identifikasi lapisan sedimen pada muara sungai bengawan solo di Pangkah-Gresik. Pengukuran dilakukan mulai sepanjang aliran sungai dan muara sungai sehingga didapatkan data dari dua lokasi yang berbeda. Tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk menganalisa ketebalan sedimen pada muara Sungai Bengawan Solo dan juga mengidentifikasi kedalaman muara sungai. Ketebalan sedimen dan kedalaman muara dapat diidentifikasi dengan melakukan survei *Subbottom Profiler* (SBP). Survei SBP ini memanfaatkan gelombang akustik yang ditembakkan kebawah permukaan air. Selain itu dilakukan pengambilan data berupa sample sedimen untuk menentukan sedimen penyusun pada daerah muara. Hasil dari penelitian ini berupa peta dan model 3d dari ketebalan sedimen dari Muara Sungai Bengawan Solo.

Riadi, Zainuri, dan Purwanto (2014) melakukan Studi Kondisi Dasar Perairan Menggunakan Citra *Subbottom Profiler* Di Perairan Tarakan Kalimantan Timur. Penelitian lapangan dilakukan pada tanggal 15 – 21 September 2012 diperairan Tarakan, Kalimantan Timur. Lingkup penelitan terletak pada koordinat 3°14'23"-3°26'37" LU 117°30'50" - 117°40'12" BT. Selanjutnya analisa laboratorium dilakukan pada bulan November 2012 di laboratorium P3GL Cirebon dan Kantor P3GL Bandung. Data lapangan yang diambil meliputi data ketebalan sedimen, sampel sedimen, data arus, dan data batimetri. Metode pengambilan data seperti penentuan lokasi sampling sedimen, *Subbottom Profiler* (SBP) dan arus menggunakan metode pertimbangan (*Purposive Sampling Method*) yaitu menentukan lokasi pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan - pertimbangan tertentu dari peneliti

sedangkan Pengukuran kedalaman dasar laut dilakukan dengan menggunakan *Echosounder SyQuest Bathy 2010* yang memiliki frekuensi sekitar 3,5 kHz, karena daerah survei termasuk perairan dalam (lebih dari 1000 m). Hasil dari penelitian ini berupa peta batimetri , peta sebaran sedimen, dan gambaran interpretasi lapisan sedimen daerah Perairan Tarakan Kalimantan Timur.

Perbedaan dari penelitian pada tugas akhir ini dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya terletak pada lokasi penelitian yang Alur Pelayaran Surabaya Timur. Sedangkan instrument SBP yang digunakan adalah SES Innomar 2000 *light plus*. Kedalaman batimetri diukur dengan instrument *Singlebeam ecosounder*. Untuk identifikasi sedimen permukaan dasar laut dilakukan dengan menganalisa citra bawah laut dari data *side scan sonar* yang diperoleh dari konversi data SBP ke bentuk format *.xtf. Selanjutnya hasil interpretasi citra bawah laut diintegrasikan dengan hasil *grab sampler* untuk mengetahui jenis sedimen.

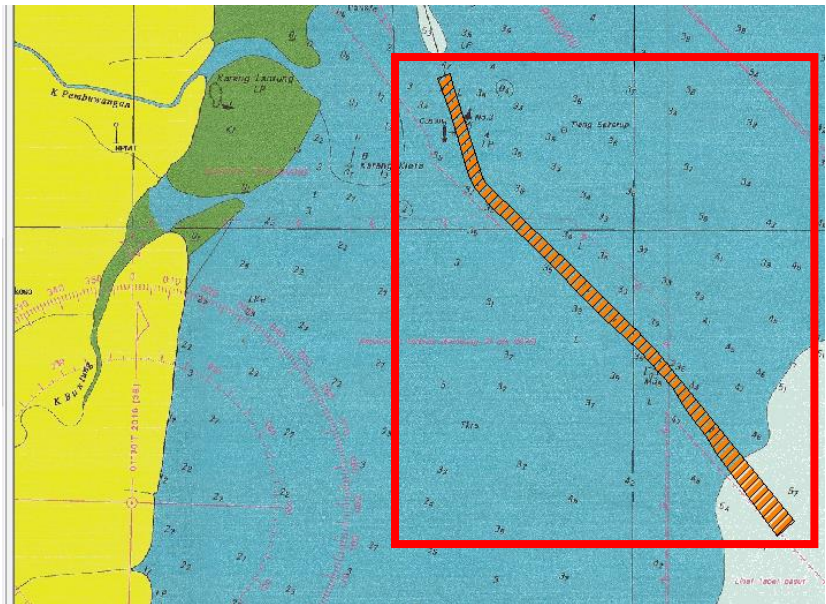
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi daerah penelitian berada pada Alur Pelayaran Timur Surabaya secara geografis lokasi penelitian ini terletak pada koordinat $07^{\circ}17'15.06''$ LS dan $112^{\circ}50'48.84''$ BT sampai dengan $07^{\circ}23'30.98''$ LS dan $112^{\circ}58'03.45''$ BT, yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Area Penelitian Alur Pelayaran Timur Surabaya

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

- a. Data yang digunakan adalah *raw data* akustik dari instrument *Sub Bottom Profiler* dengan format SES dari Instrumen Innomar SES-2000 *light plus* daerah Alur Pelayaran Timur Surabaya tahun 2015.
- b. Raw data hasil pemeruman *Singlebeam Echosounder* selanjutnya dikoreksi terhadap pasang surut dan data *Sound Velocity Profiler* daerah Alur Pelayaran Timur Surabaya tahun 2015.
- c. Data sampel sedimen dengan alat *grab sampler* daerah Alur Pelayaran Timur Surabaya tahun 2015.

3.2.2 Peralatan

a. Perangkat keras (*Hardware*)

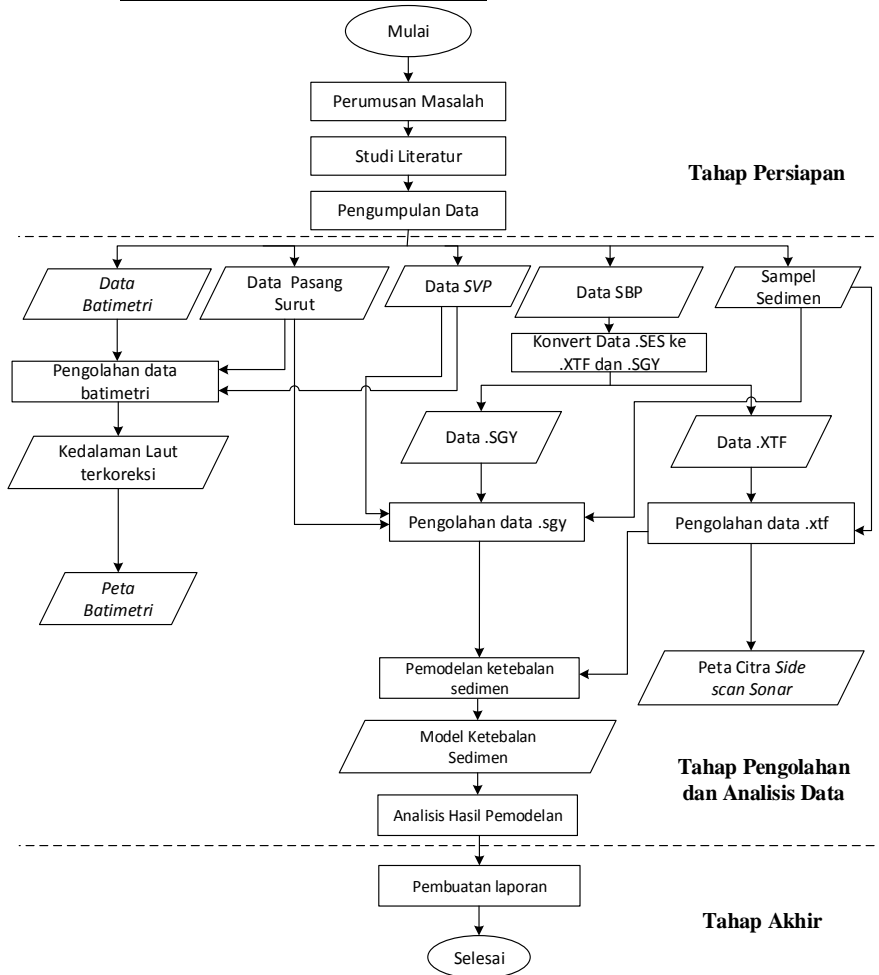
- i. Laptop .
- ii. SES Innomar 2000 *light plus*.

b. Perangkat Lunak (*Software*)

- i. Perangkat lunak Innomar Converter 2.0 untuk mengkonversi data SBP (format .ses) ke data seismik (format .sgy) dan data citra bawah laut (format .xtf).
- ii. Perangkat lunak ArcGIS 10.3 untuk pembuatan *layout* citra.
- iii. Perangkat lunak Hypack untuk pengolahan citra *side scan sonar* , pembuatan kontur kedalaman, serta olah data *sub bottom profiler*.
- iv. Perangkat lunak Surfer untuk pengolahan pemodelan tiga dimensi *sub bottom profiler*.

3.3 Metodologi Penelitian

3.3.1 Metode Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Tahapan Penelitian.

Penjelasan diagram alir tahap pelaksanaan adalah sebagai berikut:

a. Tahapan Persiapan.

i. Perumusan Masalah.

Merupakan tahap untuk mencari masalah yang akan dicari solusinya, beserta area penelitian. Pada penelitian kali ini, masalah yang didapat berupa penentuan ketebalan sedimen pada Alur Pelayaran Timur Surabaya tahun 2015.

ii. Studi Literatur.

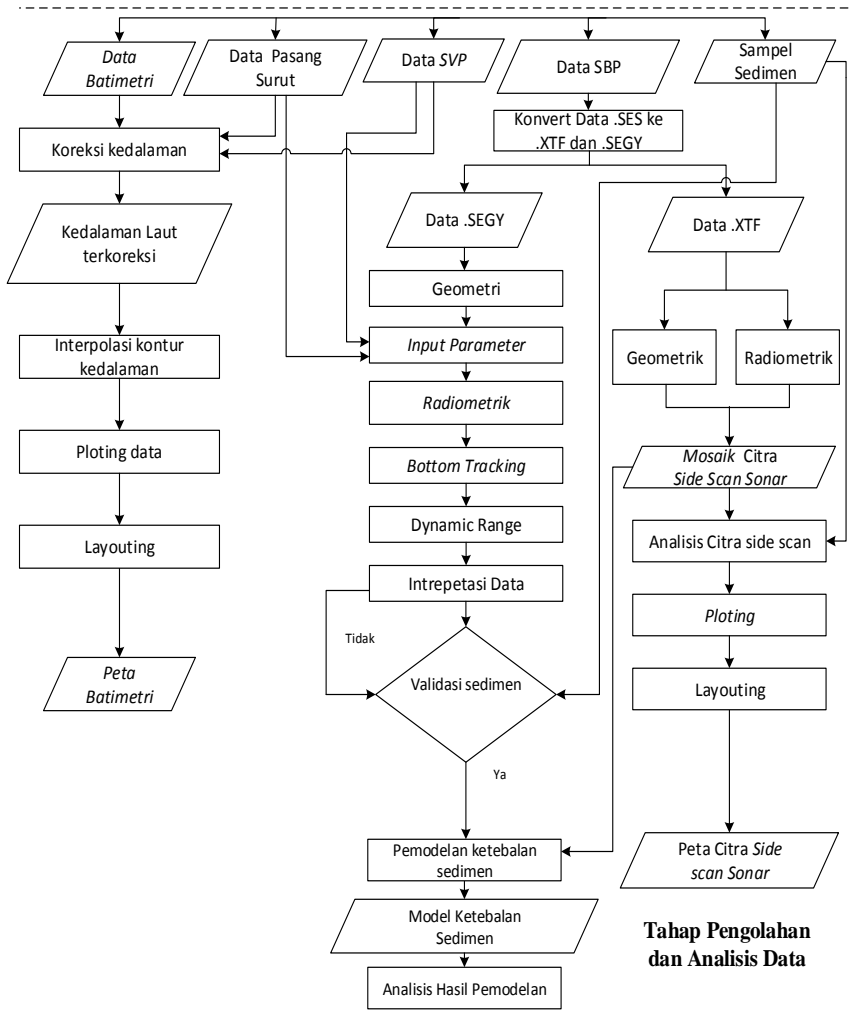
Adalah tahap dimana dicari teori-teori untuk menunjang didapatkannya solusi terhadap rumusan masalah. Terkait penelitian kali ini, maka dilakukan studi literatur mengenai survei batimetri, Survei seismik, pengukuran *subbottom profiler*, dan sedimen dasar perairan dan data yang dibutuhkan untuk mendapat nilai kedalaman dan ketebalan sedimen dasar laut, yaitu data batimetri dan seismik.

iii. Pengumpulan Data.

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data survei batimetri, data pasang surut, data kecepatan suara dan data seismik yang didapatkan dari Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Laut Distrik Navigasi Kelas I Surabaya.

b. Tahapan Pengolahan dan Analisis data

Tahap pengolahan data dan analisis terdiri atas beberapa tahapan seperti yang dijelaskan dengan diagram pada Gambar 3.3 berikut:



Gambar 3. 3 Tahap Pengolahan Data

Adapun beberapa proses yang dilakukan dalam tahap pengolahan data ini, diantaranya sebagai berikut:

i. Koreksi kedalaman.

Pada tahap ini kedalaman hasil pemeruman di koreksi dengan data pasang surut perairan survei dan data kecepatan suara dalam air (SVP) sehingga didapatkan data kedalaman terkoreksi.

ii. Interpolasi Kontur Kedalaman.

Data batimetri terkoreksi selanjutnya di interpolasi untuk mendapatkan kontur kedalaman.

iii. Plotting Data.

Pada tahap ini data batimetri di plotting sesuai koordinat yang sudah ada pada peta dasar.

iv. *Layouting*.

Proses *Layouting* dilakukan untuk penyempurnaan gambar hasil kontur kedalaman sebelum disajikan sebagai sebuah peta.

v. Konvert data .SES ke .xtf dan .seg.

Data .SES yang didapatkan dari alat SBP selanjutnya di konvert ke format data .xtf untuk selanjutnya diolah sehingga di dapatkan citra kedalaman *side scan sonar* dan format data .seg untuk diolah sehingga di dapatkan data ketebalan sedimen.

vi. Koreksi Geometrik.

Data .xtf yang sudah di dapatkan selanjutnya dikoreksi secara geometrik untuk menghilangkan *blind zone* pada nadir.

vii. Koreksi Radiometrik.

Data .xtf yang sudah di dapatkan selanjutnya dikoreksi secara radiometrik untuk memperhalus tampilan citra *side scan sonar*.

viii. Mosaik Citra *Side Scan Sonar*.

Mosaik citra *side scan sonar* dilakukan untuk mendapatkan visualisasi dari data *side scan sonar* dan melihat kenampakan permukaan dasar laut yang terekam. Dari kenampakan permukaan dasar laut, dapat dilakukan analisa daerah mana yang memiliki sedimen bertekstur kasar atau halus.

ix. Ploting Data.

Hasil dari mosaik citra selanjutnya diekspor ke format .geotiff dan di lakukan plotting sesuai koordinat yang ada pada peta dasar.

x. Geometri.

Geometri dilakukan untuk mendefinisikan kordinat *shot point*. Informasi ini sangat penting, sehingga tahapan geometri ini harus dilakukan dengans hati-hati.

xi. *Input Parameter*.

Input Parameter adalah proses memasukkan parameter untuk mendapatkan nilai kedalaman terkoreksi. Parameter yang dimasukkan meliputi nilai Pasang surut dan SVP.

xii. *Radiometrik*.

Data .sgy yang sudah di dapatkan selanjutnya dikoreksi secara radiometrik untuk memperhalus tampilan 2d data seismik pada software pengolahan.

xiii. *Dynamic Range.*

Kegunaan dari tahapan ini yaitu untuk memperbaiki rentang intensitas cahaya mulai dari shadow tergelap hingga highlight tercerah dan smooting pada data.

xiv. Interpretasi Data.

Interpretasi data digunakan untuk menentukan batas dasar permukaan perairan dan menentukan ketebalan dari lapisan sedimen serta pola refleksinya. Pada penelitian ini dilakukan interpretasi kualitatif, yaitu dengan melakukan penarikan horizon untuk didapatkan kedalaman perairan dan batas pengendapan sedimen.

xv. Validasi data.

Validasi data dilakukan untuk menentukan tipe sedimen pada ketebalan antar lapisan. Data yang digunakan adalah data sampel grab sehingga hanya ketebalan terluar saja yang diketahui sedimennya. Hal ini disebabkan karena tidak dilakukan pengambilan data sampel *coring* pada lapangan dikarenakan keterbatasan alat.

xvi. Pemodelan ketebalan sedimen.

Setelah semua pengolahan selesai maka dilakukan penggabungan dan plotting hasil dari tiap bagian pengolahan untuk selanjutnya dilakukan pemodelan ketebalan sedimen.

xvii. Analisis ketebalan sedimen.

Analisis ketebalan sedimen dilakukan untuk menganalisis hasil pemodelan ketebalan sedimen pada sepanjang alur sehingga diperoleh informasi ketebalan sedimen antar lapisan sepanjang alur survei.

c. Tahapan Akhir.

Pembuatan Laporan.

Tahap akhir dari penelitian ini adalah pembuatan laporan mengenai penelitian analisis data *subbottom profiler* untuk identifikasi ketebalan sedimen. Dalam hal ini khususnya pada perairan Alur Pelayaran Timur Surabaya.

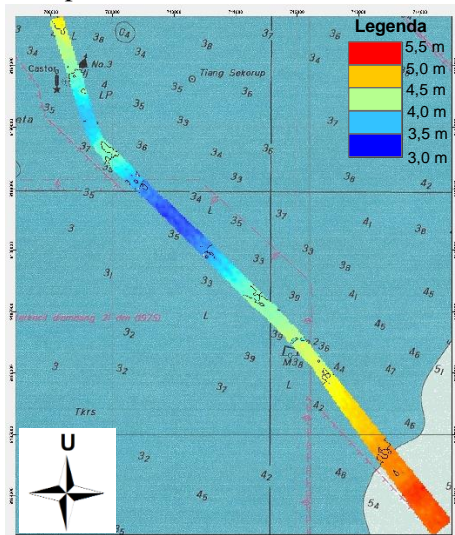
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1 Peta Batimetri

Raw data *singlebeam*, data pasang surut dan data *sound velocity profiler* yang diperoleh melalui kegiatan survei yang dilakukan oleh Distrik Navigasi Surabaya diolah untuk mendapatkan topografi dasar laut. Jumlah Raw data sebanyak 179 data dimana satu data berisi satu jalur survei sehingga total jalur survei yang diolah sebanyak 179 jalur survei. Luas area penelitian yaitu 276.891 m² dengan total panjang area 10.033,42 m.

Koreksi terhadap nilai kedalaman *single beam* dilakukan dengan memasukkan parameter *sound velocity profiler* dan nilai pasut terhadap datum vertikal surut terendah LWS. Nilai batimetri yang telah terkoreksi selanjutnya di interpolasi dan di *ploting* kedalam peta laut.

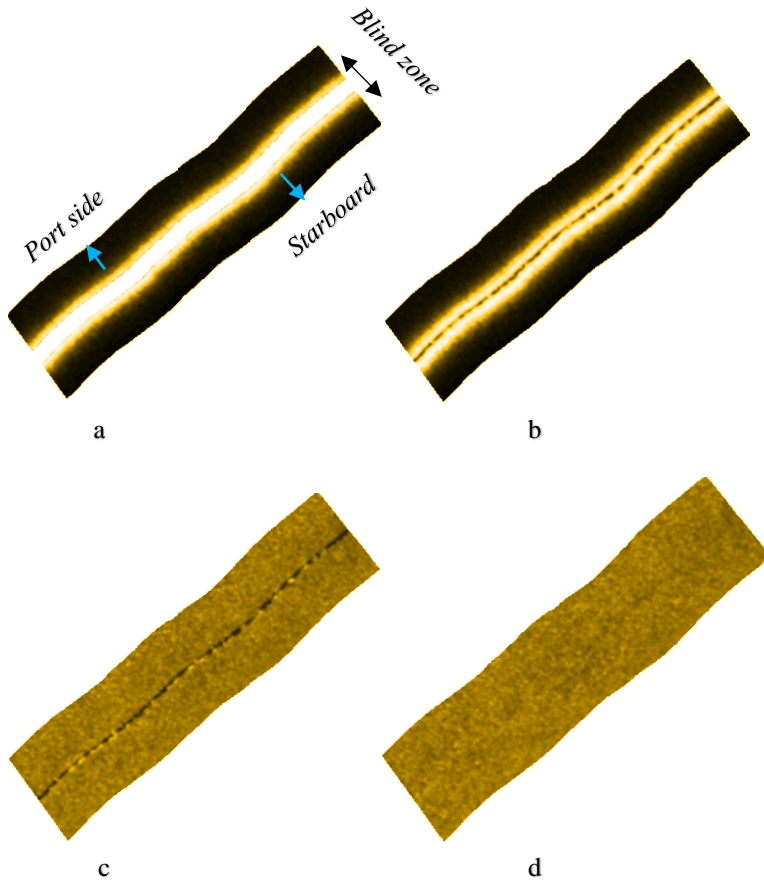


Gambar 4. 1 Hasil Tampilan Data Batimetri Yang Telah Di
Ploting.

Kontur peta batimetri Alur Pelayaran Timur Surabaya memiliki kerapatan kontur yang kecil karena variasi nilai kedalaman dari area penelitian. Hal ini dapat dilihat dari nilai kedalaman yang berkisar antara 2,51 sampai 5,95 m terhadap LWS. Sehingga lokasi penelitian dapat dikategorikan sebagai perairan dangkal. Penyajian data disempurnakan dengan melakukan *layouting* pada peta dengan memasukkan informasi yang terdiri atas nilai posisi dan nilai kedalaman.

4.2 Analisis Side Scan Sonar

Area kajian *side scan sonar* berada pada alur pelayaran timur Surabaya. Data didapatkan dengan mengekstrak file data SBP dengan format.SES kebentuk format data .XTF sehingga dapat diproses citra bawah laut. Frekuensi yang digunakan pada pengambilan data citra bawah laut sebesar 250kHz sehingga hasil yang ditampilkan kurang detail. Jumlah file yang diekstrak berjumlah 179 data. Hasil pemrosesan disajikan pada Gambar 4.2. Tampilan data citra bawah laut menunjukkan bagian dari sisi kiri (*port*) dan sisi kanan (*starboard*), serta pada bagian tengah terdapat *blindzone*. Penerapan koreksi yang dilakukan berpengaruh terhadap kualitas data side scan sonar yang dihasilkan. Hasil pemrosesan data citra *side scan sonar* dengan koreksi geometrik meliputi penerapan koreksi *bottom tracking*, *slant range* (Gambar 4.2b), dan *altitude* (Gambar 4.2d) serta koreksi radiometrik meliputi penerapan koreksi *Time Varying Gain* (Gambar 4.2c).



Gambar 4. 2 Hasil Tahapan Pemerosesan Citra Bawah Laut.

Pada Gambar 4.2a, citra *side scan sonar* tanpa koreksi menunjukkan hasil pencitraan dasar laut setelah mengirimkan gelombang akustik. Sejumlah piksel hanya terdapat pada kedua sisi sebelah nadir area *port* dan *starboard*. Pada sisi nadir tidak berisi informasi tentang permukaan dasar laut sehingga disebut daerah *blind zone*. Piksel nadir sebenarnya menggantikan sisi sebagai fungsi dari kolom air atau

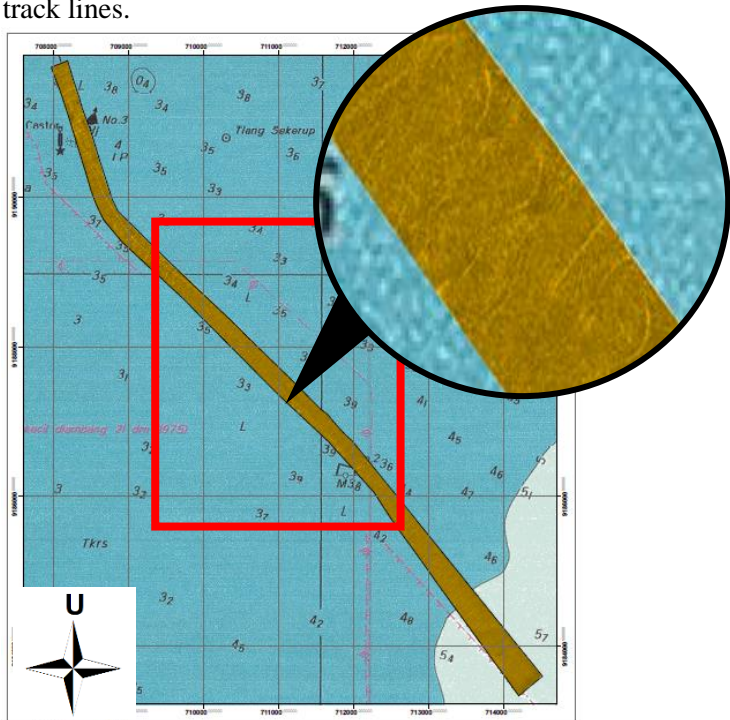
ketinggian transduser alat ke dasar laut. Ukuran ketinggian diberikan oleh pemancaran gelombang pertama yang diterima pada setiap baris scan. Pada gambar-gambar tersebut terlihat area yang memiliki variasi warna terang maupun gelap. Gradasi warna terang dan gelap pada citra bawah laut menunjukkan energi hambur balik yang dihasilkan dari dasar laut. Warna terang akan menunjukkan nilai hambur balik yang tinggi sedangkan warna gelap menunjukkan nilai hambur balik yang rendah.

Hasil penerapan *slant range correction* pada Gambar 4.2b dari citra yang disajikan merupakan koreksi terhadap masalah geometris dari pencitraan dasar laut. Koreksi bertujuan untuk menghilangkan bagian *blind zone* dari citra di setiap baris jalur survei menjadi hilang.

Gambar 4.2c merupakan penerapan *Time Varying Gain* (TVG) yang memiliki fungsi untuk mengurangi atenuasi dengan jarak dan efek lainnya. Variasi dari hambur balik yang dihasilkan saat sinyal akustik yang diterima lebih rendah daripada yang ditransmisikan mempengaruhi intensitas citra. TVG digunakan sebagai pengoreksi efek tersebut untuk meningkatkan amplifikasi. Koreksi ini termasuk ke dalam bagian koreksi radiometrik yang berpengaruh pada *digital number* yang ditetapkan pada setiap piksel dalam citra. Setelah dilakukan koreksi radiometrik, terlihat sisa-sisa area *blind zone* sehingga diperlukan koreksi *altitude* untuk menghilangkan sisa-sisa *blind zone*. Hasil koreksi terakhir dapat dilihat pada Gambar 4.2d.

Mosaik yang dihasilkan melalui penerapan koreksi geometrik dan radiometrik dengan sebuah georeferensi format gambar GeoTIFF ditampilkan dalam bentuk system koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*) Zona 49 S dengan proyeksi WGS 1984. Dasar dari semua sistem *mosaicing* adalah melakukan koreksi *slant range* dan menghilangkan

kolom air dari data sonar. Data yang dihasilkan kemudian diplot dengan memperhatikan posisi pada peta berskala dari dasar laut. Mosaik citra *side scan sonar* dilakukan untuk mendapatkan visualisasi dari data *side scan sonar* dan melihat kenampakan permukaan dasar laut yang terekam. Gambar 4.3 merupakan hasil akhir dari mosaik citra side scan sonar dari 179 track lines.



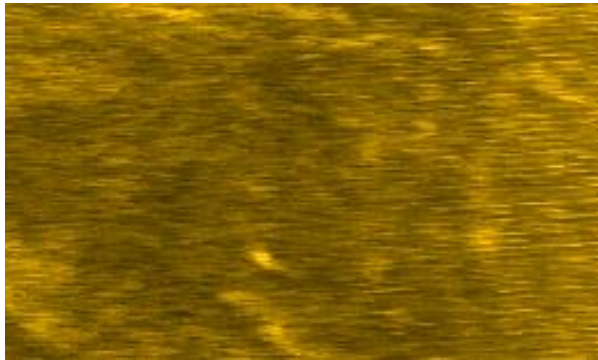
Gambar 4. 3 Hasil Mosaik Citra Bawah Laut Yang Telah Di Ploting Pada Peta Dasar.

Pada visualisasi data *side scan sonar* pada kenampakan tekstur dasar laut terlihat bagian yang lebih kasar dan halus. Bagian yang memiliki tekstur kasar akan memberikan sinyal hambur balik yang lebih kuat dan intensitas warna yang cerah dibandingkan dengan kenampakan tekstur yang halus dengan

intensitas warna gelap yang mewakili daerah dengan hambur balik rendah. Analisis interpretasi pada citra *side scan sonar* merupakan kegiatan post processing, interpretasi dilakukan berdasarkan pada bentuk, ukuran dan derajat kehitamaan objek. Berikut adalah sebagian kenampakan visual data perekaman *side scan sonar*. Secara umum, objek tampak sebagai bentuk sedimentasi materi yang terendap di dasar perairan.

a) Fitur Lumpur

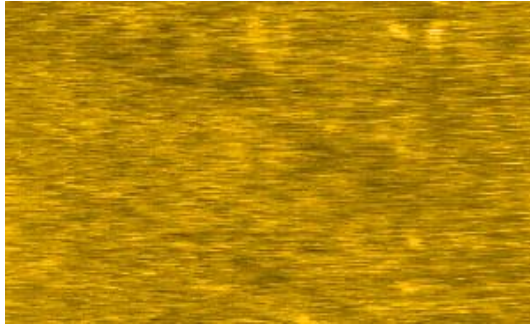
Fitur lumpur dapat diinterpretasikan dengan bentuk butiran kecil, *hue saturation* yang gelap, pola dan tekstur halus tanpa adanya shadow.



Gambar 4. 4 Fitur Lumpur Pada Citra *Side Scan Sonar*.

b) Fitur Lumpur Berpasir

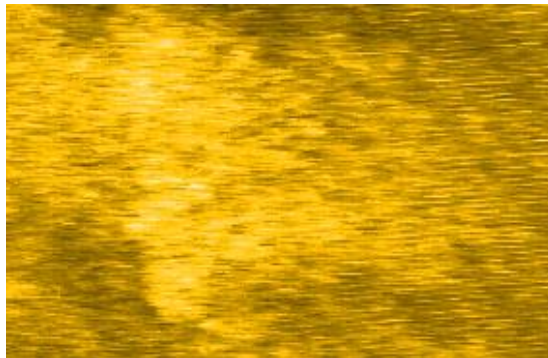
Fitur Pasir dapat diinterpretasikan dengan butiran kecil, *hue saturation* sedang, dengan pola dan tekstur halus tanpa adanya shadow.



Gambar 4. 5 Fitur Lumpur Berpasir Pada Citra *Side Scan Sonar*.

c) Fitur Pasir

Fitur Pasir dapat diinterpretasikan dengan butiran kecil, *hue saturation* yang terang, dengan pola dan tekstur halus tanpa adanya shadow.

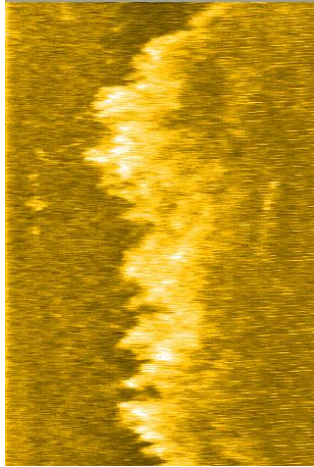


Gambar 4. 6 Fitur Pasir Pada Citra *Side Scan Sonar*.

d) Fitur Karang dan batuan keras

Fitur karang atau batuan keras dapat diinterpretasikan dengan bentuk bongkahan memanjang dengan *hue saturation*

yang terang dengan *shadow*, pola dan tekstur fitur ini mengelompok besar.



Gambar 4. 7 Fitur Karang Pada Citra *Side Scan Sonar*.

Dari interpretasi kualitatif citra dasar laut, dapat dilihat bahwa sedimen lumpur memiliki warna yang lebih terang di bandingkan dengan sedimen lumpur berpasir yang memiliki warna lebih gelap. Hal ini disebabkan data citra *side scan* yang memiliki amplitudo hambur balik tinggi pada umumnya diwakili oleh gambaran yang lebih terang pada rekaman, sedangkan nilai hambur balik yang rendah ditunjukkan lebih gelap. Secara umum, daerah backscatter yang tinggi berhubungan dengan sedimen yang kasar dan hambur balik yang relatif rendah memiliki sedimen yang lebih halus. Endapan permukaan sedimen dipengaruhi banyak faktor yaitu ukuran butir, skala kekasaran permukaan sedimen dan variasi kemiringan yang signifikan dapat menjadi peran penting dalam responakustik (Urick 1983). Pada Mosaik citra *side scan sonar*

yang telah diinterpretasi , selanjutnya dihitung luasannya pada setiap area fitur yang di interpretasikan.

Tabel 4. 1 Luasan Fitur Dasar Laut Hasil Interpretasi.

No	Fitur Dasar Laut	Luasan (m ²)
1	Lumpur	78.617
2	Lumpur Pasir	93.133
3	Pasir	90.836
4	Batu karang	14.305

Luasan hasil interpretasi menunjukkan sedimen lumpur berpasir lebih mendominasi. Selain itu, hasil citra dasar laut juga terlihat kurang jelas dikarenakan frekuensi yang digunakan untuk pengambilan data hanya 250 kHz.

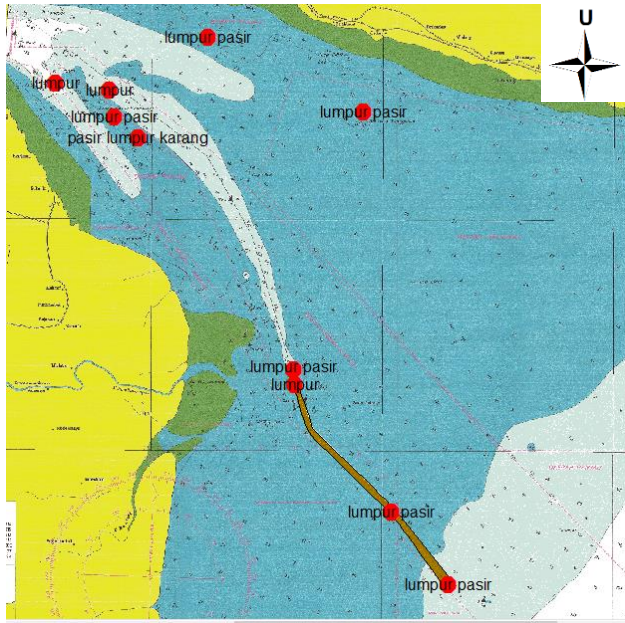
Pengambilan 10 data sampel lapangan dilakukan untuk memvalidasi hasil interpretasi data. Data sample lapangan dilakukan dengan menggunakan metode *grab sampler* yang tersebar luas di daerah Alur Pelayaran Timur Surabaya.

Tabel 4. 2 Koordinat Dan Jenis Sampel Lapangan (Disnav 2015)

No	Koordinat UTM (m)		Jenis sedimen
	Utara	Timur	
1	698.603,98	9.203.628,05	lumpur
2	700.753,80	9.203.364,54	lumpur
3	700.961,14	9.202.266,89	lumpur pasir
4	701.878,39	9.201.464,42	pasir lumpur karang
5	704.660,66	920.5474,62	lumpur pasir

No	Koordinat UTM (m)		Jenis sedimen
	Utara	Timur	
6	708.084,64	9.192.199,99	lumpur pasir
7	708.139,82	9.191.601,64	lumpur
8	710.857,38	9.202.493,74	lumpur pasir
9	714.247,73	918.3646,05	lumpur pasir
10	711.987,95	9.186.524,70	lumpur pasir

Hasil sampel lapangan menunjukkan bahwa sedimen penyusun dasar laut Alur Pelayaran Timur Surabaya rata rata tersusun dari sedimen lumpur berpasir.



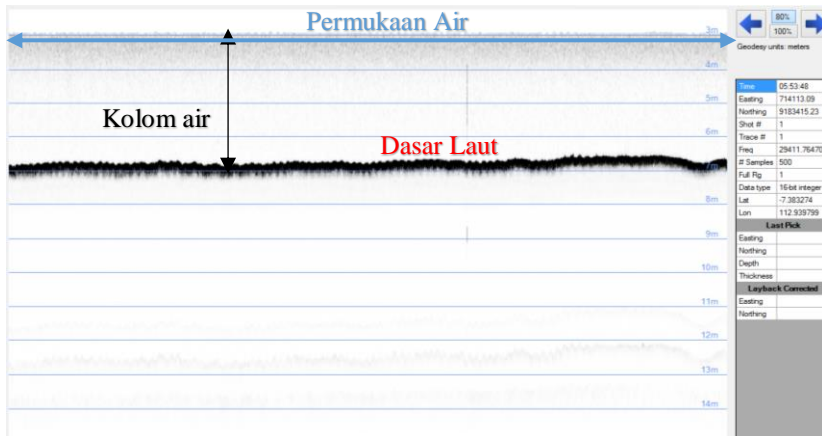
Gambar 4. 8 Fitur Karang Pada Citra Side Scan Sonar

Dari 10 sampel lapangan, hanya 3 titik sampel lapangan yang berada pada area penelitian yaitu sampel nomer 7, 9 dan 10.

4.3 Analisis Sub Bottom Profiler

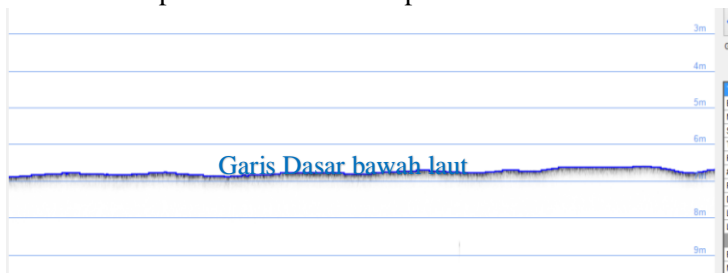
Sama seperti pengolahan data *side scan sonar*, dilakukan konversi data dari format data .SES ke format data .SGY. Selanjutnya data dimasukkan bersama parameter data lainnya seperti data pasut dan data SVP kedalam perangkat lunak pengolahan. Penerapan koreksi dilakukan untuk memperjelas tampilan data sehingga mempermudah penarikan batas lapisan. Hasil pemerosesan data SBP meliputi penerapan koreksi *bottom tracking* dan *auto range* serta koreksi radiometrik meliputi penerapan koreksi *Time Varying Gain*.

Berdasarkan data SBP ditunjukkan pada gambar penampang SBP.



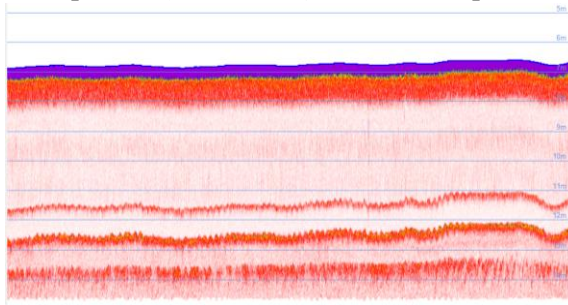
Gambar 4. 9 Hasil *Input* data SBP

Pada proses awal dilakukan koreksi *Auto range* dan *bottom tracking* untuk memperjelas jarak antara kolom air dengan permukaan dasar laut dan menghilangkan rambatan gelombang pada kolom air. Proses *Bottom tracking* juga menghasilkan garis dasar bawah laut di sepanjang jalur survei. Koreksi TVG dilakukan untuk menyatukan beberapa *trace* yang spesifik untuk menjadi satu *trace* dan juga untuk melakukan *smoothing* pada data. Koreksi TVG juga berfungsi untuk memperbaiki kualitas tampilan data.



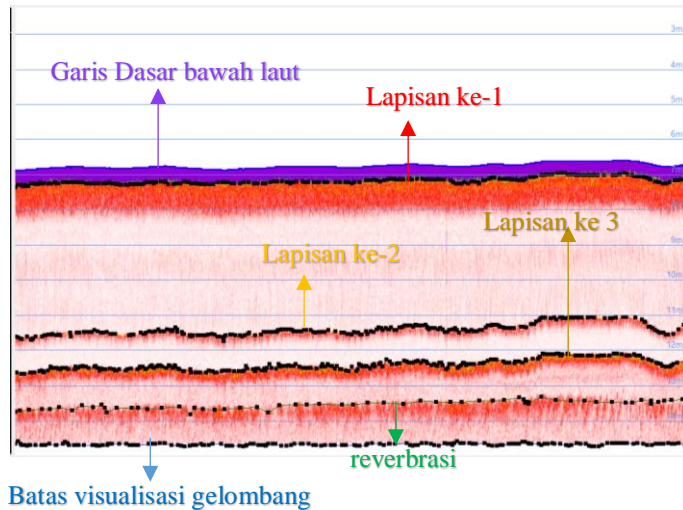
Gambar 4. 10 Hasil Koreksi *Auto Range*, *Bottom Tracking*, dan TVG.

Proses selanjutnya yaitu memperjelas tampilan data dengan memperbaiki rentang intensitas cahaya mulai dari bayangan tergelap hingga tercerah. Proses ini dinamakan *dynamic range*. Pada proses *dynamic range* dilakukan dengan mengubah warna tampilan data dan mengubah kerapatan data sehingga perbedaan kontras warna akan terlihat sangat jelas. Hasil dari proses *dynamic range* bisa dilihat pada Gambar 4.7.



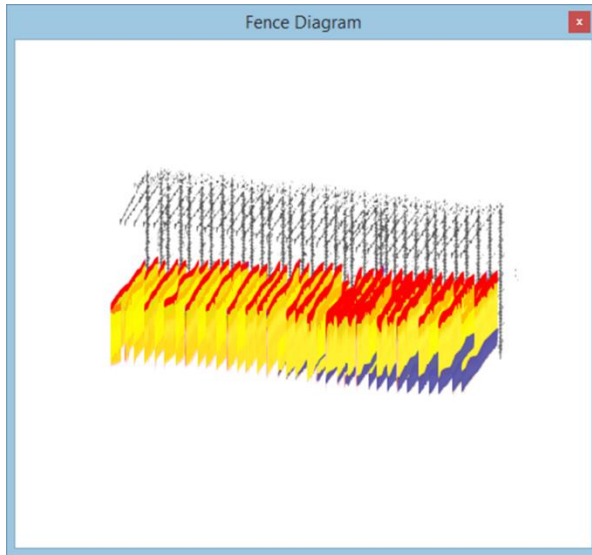
Gambar 4. 11 Hasil Proses *Dynamic Range* pada Data SBP

Berdasarkan teori reflektivitas, kontras warna yang jelas menunjukkan batas ketebalan lapisan sedimennya. Interpretasi data dilakukan dengan membuat garis batas antara kontras warna yang berbeda. Pembuatan batas lapisan dilakukan dengan cara *digitizing* sesuai bentuk garis lekukan lapisan dasar laut.



Gambar 4. 12 Hasil Digitasi Batas Lapisan pada Data SBP.

Selain itu untuk memperjelas batas poligon, dapat dilakukan dengan memberikan warna pada batas antar lapisan. Namun pewarnaan area ketebalan hanya bisa dilakukan maksimal 3 batas lapisan. Untuk mengamati hasil digitasi dan pewarnaan area bisa dilakukan dengan diagram *fence*. Diagram *fence* adalah diagram gambaran penampang setiap baris dari data SBP. Berikut hasil dari pewarnaan area ketebalan sedimen dan diagram *fence*.



Gambar 4. 13 Hasil Pewarnaan Area Ketebalan dan Diagram *Fance* Data SBP.

Hasil *bottom tracking* dan digitasi lapisan dasar laut selanjutnya disimpan dalam bentuk file .xyz yang selanjutnya dilakukan proses interpretasi data. Hasil interpretasi antar lapisan akan dijelaskan sebagai berikut :

a) Dasar Permukaan laut

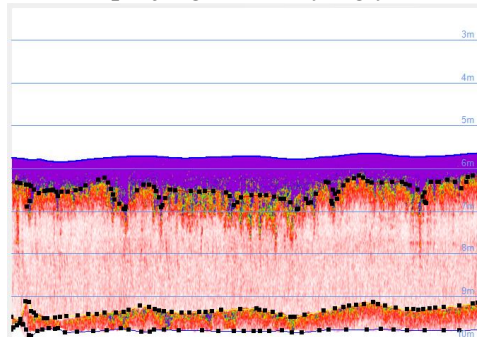
Hasil *bottom tracking* kadalaman dasar laut memiliki nilai antara 2,68 m hingga 5,09 m dari datum vertical LWS. Panjang lintasan dasar laut sebesar 10.033,42 m .

b) Digitasi Lapisan Pertama.

Hasil digitasi lapisan sedimen pertama memiliki nilai kedalaman antara 3,37 m sampai 5,79 m dari datum vertikal LWS dan memiliki panjang lintasan yang sama yaitu 10.033,42 km. Hal ini menunjukkan bahwa setiap jalur lintasan memiliki lapisan pertama.

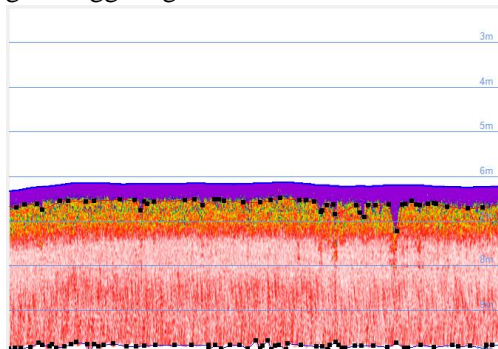
c) Digitasi Lapisan Kedua.

Hasil digitasi lapisan sedimen kedua memiliki nilai kedalaman antara 5,8 m sampai 10,91 m dari datum vertikal LWS dan memiliki panjang lintasan yang yaitu 9.071,89 m.



Gambar 4. 14 Hasil Digitasi Batas Lapisan Sampai Lapisan Kedua.

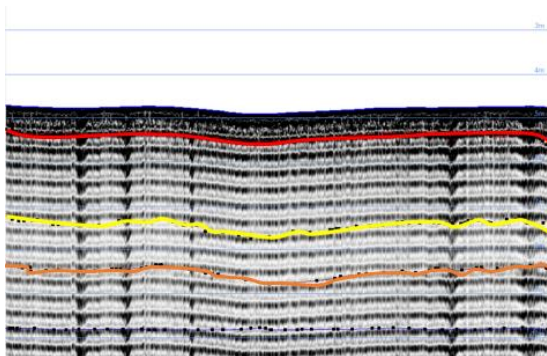
Hal ini menunjukkan bahwa tidak semua lintasan memiliki lapisan kedua. Ada 16 jalur lintasan yang tidak terdapat lapisan kedua. Hal ini disebabkan karena ketika dilakukan visualisi, lapisan kedua berada di luar garis batas visualisasi rambat gelombang sehingga digitasi tidak bisa dilakukan.



Gambar 4. 15 Lintasan yang Tidak Memiliki Lapisan ke Dua.

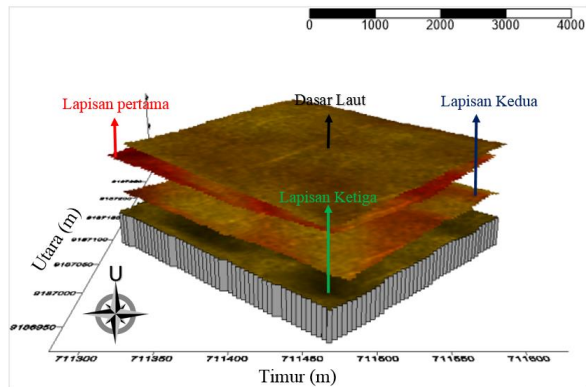
d) Digitasi Lapisan Ketiga

Selain menentukan batas lapisan, Interpretasi dilakukan dengan mengamati pola refleksi seismik pada gambar penampang lapisan. Untuk mengetahui pola refleksi seismik, dilakukan *filtering band pass*. Dari hasil *filtering band pass*, diketahui bahwa pola refleksi seismik pada konfigurasi ini bersifat seragam (*parallel*) sampai relatif seragam (*subparallel*). Hal ini di tujukan dengan pola refleksi yang memiliki amplitude yang sejajar, kontinuitas yang seragam, serta adanya cekungan dan *time separation* yang setabil. Tingkatan variasi lateralnya menunjukkan tingkatan perubahan dalam kecepatan pengendapan lokal dan kandungan litologinya. Adanya kesamaan pola refleksi pada lapisan pertama hingga lapisan ke tiga membuktikan bahwa sedimen diantara lapisan tersebut memiliki pola yang sama.



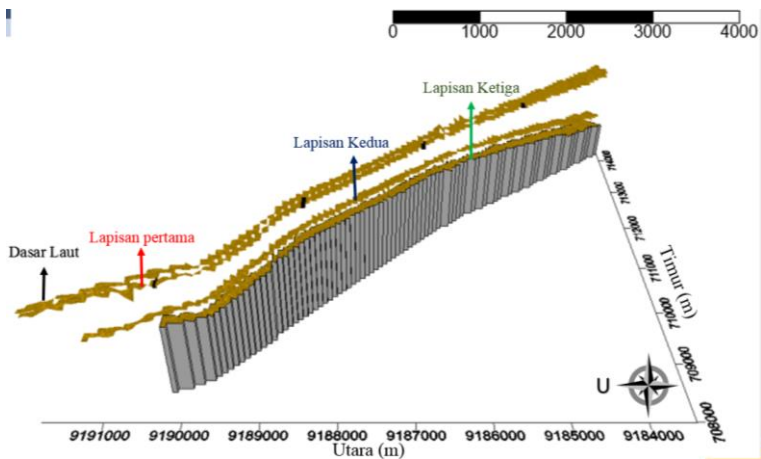
Gambar 4. 18.Hasil Filtering Band Pass.

Setelah itu, dilakukan pemodelan 3 dimensi dari semua lajur yang telah di gitasi tiap lapisannya untuk mengetahui bentuk ketebalan dari sedimen. Hasil sampel area pemodelan antar lapisan ditunjukkan oleh Gambar 4.19.



Gambar 4. 19 Hasil Sampel Pemodelan Ketebalan Sedimen Antar Lapisan.

Untuk mengetahui hasil akhir dari pemodelan antar lapisan, dilakukan pemodelan seluruh data dan penggabungan seluruh lapisan. Hal ini dilakukan ntuk melihat visualisasi tiga dimensi secara menyeluruh. Hasil pemodelan akhir seluruh lapisan ditujukan pada Gambar 4. 20.



Gambar 4. 20 Hasil Akhir Pemodelan Seluruh Ketebalan Sedimen Antar Lapisan.

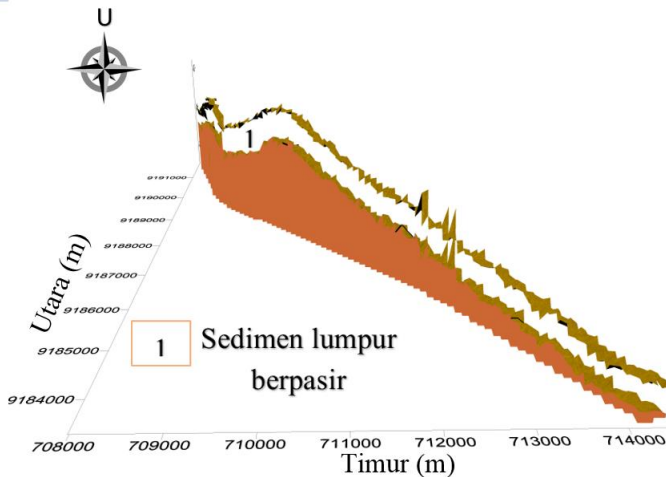
Pemodelan 3 dimensi dilakukan antara data *bottom tracking* dasar laut dengan lapisan sedimen pertama, antara lapisan pertama dan lapisan kedua, serta antara lapisan kedua dengan lapisan ketiga. Pemodelan 3 dimensi dilakukan dengan metode *nearest neighbor*.

Untuk mengetahui volume ketebalan sedimen, dilakukan perhitungan volume dengan metode *composite*. Perhitungan volume dan nilai ketebalan sedimen dilakukan antara permukaan dasar laut dengan lapisan pertama, lapisan pertama dengan lapisan kedua, lapisan kedua dengan lapisan ketiga , serta lapisan ketiga dengan batas visualisasi rambat gelombang.

Tabel 4. 3 Volume dan Nilai Ketebalan Sedimen Antar Lapisan

No ketebalan	Batas Ketebalan Lapisan	Nilai Ketebalan lapisan (m)	Volume (m ³)
1	Dasar Permukaan dengan lapisan pertama	0,70	1.638.618,46
2	Lapisan Pertama dengan lapisan kedua	3,78	8.009.815,18
3	Lapisan kedua dengan lapisan Ketiga	1,07	2.665.328,73
4	Lapisan Ketiga dengan batas rambat gelombang	1,62	5.632.166,03

Untuk mengetahui sedimen penyusun pada masing-masing ketebalan lapisan, dilakukan pengambilan sample sedimen dan interpretasi ketebalan.



Gambar 4. 21 Ketebalan Sedimen Antara Dasar Laut dengan Lapisan Pertama.

Sampel sedimen dari lapangan yang diambil hanya bagian atas dasar permukaan laut dengan metode *grab* sehingga ketebalan sedimen yang diketahui sedimen penyusunnya hanya sedimen yang berada dilapisan antara dasar permukaan laut dengan lapisan pertama. Selain itu hasil interpretasi citra *side scan sonar* juga menunjukkan bahwa sebagian besar dasar permukaan didominasi oleh sedimen lumpur berpasir. Pengambilan sample hingga lapisan terbawah dengan metode *coring* tidak dilakukan ketika survei daerah Alur Pelayaran Timur Surabaya dikarenakan keterbatasan alat untuk melakukan metode *coring* tersebut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kegiatan penelitian analisis data *Sub Bottom Profiler* untuk identifikasi ketebalan sedimen menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

- a. Lokasi penelitian merupakan perairan yang digolongkan sebagai perairan dangkal. Hal ini dapat dilihat dari nilai kedalaman yang berkisar antara 2,51- 5,95 m terhadap LWS.
- b. Interpretasi citra dasar laut menunjukkan adanya pengaruh *hue saturation*. Dimana urutan *hue saturation* sedimen dari terang kegelap yaitu batu karang, pasir, lumpur berpasir, dan lumpur. Sedimen pada daerah Alur Pelayaran Timur Surabaya didominasi oleh jenis sedimen lumpur berpasir dengan luas area sedimen 93.133 m² pada area penelitian. Luas total area sedimen pada area penelitian yaitu 276.891 m².
- c. Terdapat tiga lapisan sedimen dengan nilai ketebalan antar lapisan masing-masing bernilai 0,70 m, 3,78 m, 1,07 m, dan 1,62 m. Pola refleksi seismik pada konfigurasi data bersifat seragam (*parallel*) dan relatif seragam (*subparallel*). Ketebalan antara dasar permukaan laut dengan lapisan pertama memiliki sedimen penyusun berupa lumpur berpasir. Volume total ketebalan lapisan sedimen adalah 17.945.928,40 m³.

5.2 Saran

Saran dari penelitian yang telah dilakukan adalah:

- a. Untuk memvalidasi hasil citra bawah laut sebaiknya dilakukan pengambilan sampel dasar laut minimal 30 sample.
- b. Untuk memvalidasi jenis dan kedalaman suatu jenis lapisan sebaiknya dilakukan sampel *coring* di beberapa area penelitian.
- c. Penelitian ini bisa dikembangkan untuk penelitian lebih lanjut terkait keamanan pelayaran pada Alur Pelayaran Timur Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M. 2017. "Analisis Ketelitian Data Sub Bottom Profilers Untuk Pengukuran Kedalaman Permukaan Dasar Laut". Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Amri. 2016. "Integrasi Data SBP dan Gravity Core untuk Menentukan Dinamika Sedimentasi Resen di Perairan Utara Wokam". Bogor: IPB.
- Arifin, Hutagaol dan Hanafi. 2003. "Pendangkalan Alur Pelayaran di Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu".
- Corps of Engineers, US Army. 2013. *"Engineering and Design Hydrographic Surveying"*. Wasington: US Army.
- Disnav. 2015. "Laporan Akhir Survei Hidrografi dan Pembuatan Peta Batimetri APBS, APTS, dan Kalianget". Surabaya: KEMENHUBLA DISNAV Kelas 1.
- Doloksaribu, I. 2010. "Pemrosesan data seismik laut dari *Streamer* Sensor Ganda Dibandingkan Terhadap *Streamer* Konvensional". Jakarta: Universitas Indonesia.
- Garrison, T. 2005. *"Oceanography: An Invitation to Marine Science. 5ed."* Thomson Learning, Inc. USA.
- Gunathilaka, M., dan Mahmud, M. R. 2014. *"Ceaseless Tidal Zoning for Straits of Malacca using Spatial Interpolation."*
- Innomar. 2017. *Innomar 20 years*.
<URL:<https://www.innomar.com/ses2000lightplus.php>>.
Diakses pada tanggal Januari 17, 2018 pukul 20.00 WIB
- Mahyuddin, M. Fahri. 2008. "Perangkat Lunak Sonarpro untuk Pengolahan Data Side Scan Sonar". Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Manik, H M., Junaedi ,L., dan Harsono,G. 2016. "Pemrosesan Citra Side Scan Sonar untuk Pemetaan Dasar Laut Pelabuhan Benoa." *JNTETI, Vol. 5, No. 2*.
- NOAA. 2002. *"Submarine Ring of Fire"*. Miami: NOAA.

- Penrose. 2005. "*Acoustic Techniques for Seabed Classification*". Australia: Cooperative Research Centre for Coastal Zone Estuary and Waterway Management.
- Poerbandono dan Djunasjah. 2005. "Survei Hidrografi". Bandung: Refika Aditama.
- Putri, Innanda R. 2017. "Survei Sub Bottom Profile (Sbp) Untuk Mengidentifikasi Lapisan Sedimen Pada Muara Sungai Bengawan Solo Menggunakan *Stratabox Marine Geophysical Instrument*". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Riadi, Zainuri, dan Purwanto. 2014. "Studi Kondisi Dasar Perairan Menggunakan Citra *Sub-Bottom Profiler* Di Perairan Tarakan Kalimantan Timur". Semarang: Universitas Diponegoro.
- Rinaldy, Nugraha, dan Subiyanto . 2014. "Analisis Pengukuran Batimetri dan Pasang Surut Untuk Menentukan Kedalaman Kolam Pelabuhan (Studi Kasus: Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya)". Semarang: Universitas Diponegoro.
- Rismanto, A. 2001. "Pengolahan Data Survei Batimetri dengan Menggunakan Perangkat Lunak HydroPro."
- Salahuddin, M., Lubis, S., Makmur, A., Astjario, P. 2001. "Pangkalan data Geologi dan Geofisika Kelautan di Wilayah Perairan Indonesia". Bandung: Pusat Pengembangan Geologi Kelautan.
- Sanny, T.A. 1998. "Seismologi Refleksi." *Dept. Teknik Geofisika, ITB, Bandung* 38.
- Saputra, Yuda. 2017. "Pemodelan 3d Permukaan Lapisan Dasar Laut Berdasarkan Data Hasil Pengukuran Sub Bottom Profiler". Yogyakarta: Universitas Gajahmada.
- Sasmita. 2008. "Aplikasi Multibeam Echosounder System (MBES) Untuk Keperluan Batimetrik". Bandung: Teknik Geodesi

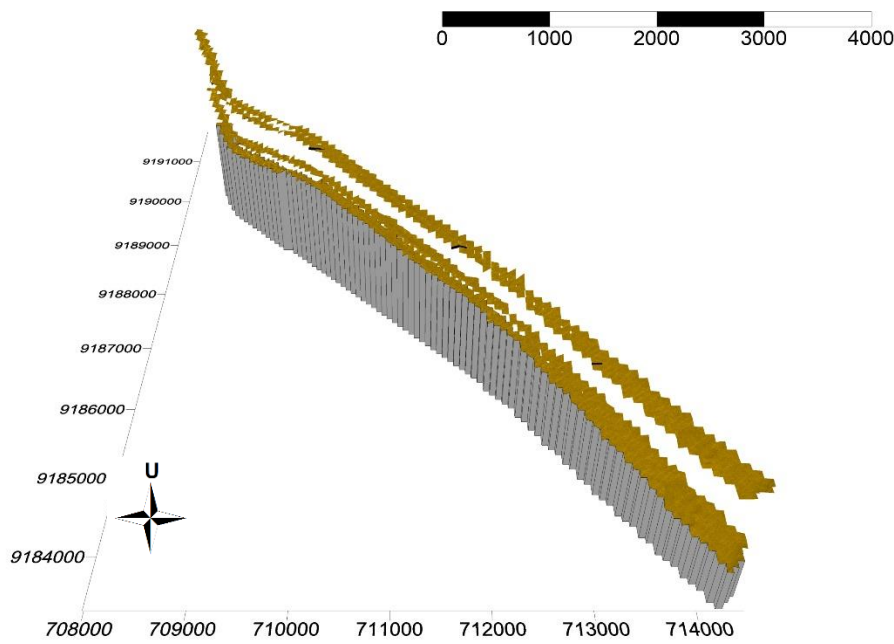
- dan Geomatika Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan ITB.
- Seibold, E., dan Berger, W. H., 1993. *"The Seafloor"*. New York: Springer-Verlag.
- Setyobudi, Hari, interview oleh Humas Ditjen Hubla. 2017. "KEMENHUB Integrasikan 2 (Dua) Alur Pelayaran Surabaya" Dirjen Hubungan Laut, (April).
- Silean. 2015. "Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Data Seismik 2d untuk Perhitungan Manual *Gross Rock Volume Reservoir* pada Lapangan". Lampung: Unila.
- Umaryono. 1989. "Pengukuran Topografi". Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Urick, Robert J. 1983. *"Principles of Underwater Sound, 3rd Edition"*. New York: McGraw-Hill.
- Witanto Ihsan. 2014. "Survei Batimetri dan Pasang Surut Untuk Perawatan Kolam 1 Pelabuhan Tanjung Priok". Surabaya: ITS.
- Xu, G. 2010. "Pengertian serta komponen-komponen *Singlebeam Echosounder*". Bogor: Institut Pertanian Bogor.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Batimetri Perairan Alur Pelayaran Timur Surabaya.

Lampiran 2. Peta Citra *Side Scan Sonar* Alur Pelayaran Timur Surabaya.

Lampiran 3. Model Ketebalan Sedimen.

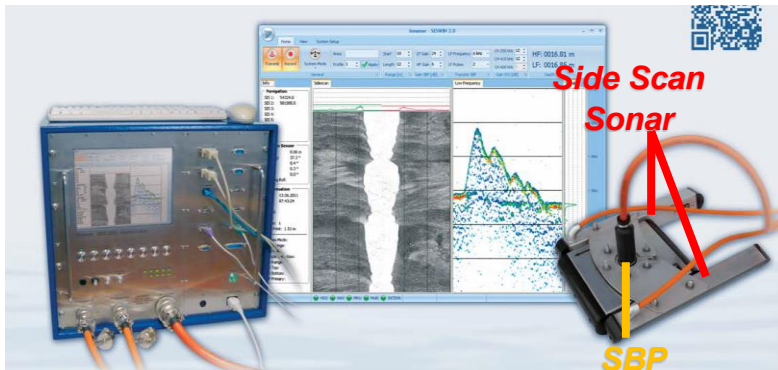


Gambar 1. Model 3d Sub Bottom Profiler

Lampiran 4. Peralatan dan Dokumentasi Kegiatan.



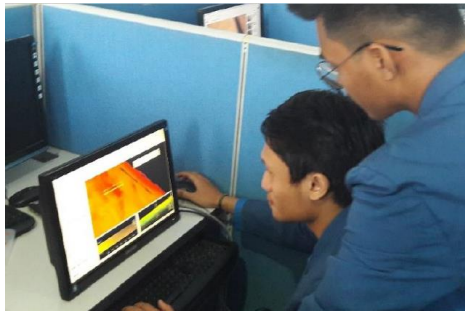
Gambar 2. Instrumen *Sub Bottom Profiler* Innomar SES 2000 *Light Plus*.



Gambar 3. Instrumen *Sub Bottom Profiler* Innomar SES 2000 *Light Plus* Terintegrasi dengan *Side Scan Sonar*.



Gambar 4. Instrument *Single Beam Ecosounder* Teledyne Odom Ecotrac.



Gambar 5. Pengolahan Data di Distrik Navigasi Perak, Surabaya.

Lampiran 5. Biodata Penulis.

Penulis dilahirkan di Malang, 10 November 1995, merupakan anak ke 2 dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SMP Islam Sabilillah Malang, mengemban amanah sebagai ketua bidang kerohanian OSIS 2010- 2011, kemudian melanjutkan ke SMAN 1 Malang dan mengemban amanah sebagai Ketua Komisi A MPK periode

2013-2014. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan S1 Departemen Teknik Geomatika ITS dan tergabung sebagai angkatan G16 serta menjadi Ketua angkatan yang ke dua. Pada masa perkuliahan penulis banyak menghabiskan waktu dalam organisasi dan diamanahi sebagai anggota SC HIMAGE ITS, anggota Bakor BEM FTSP ITS , dan anggota Kementrian Pemuda dan Kebangsaan BEM ITS pada periode 2015-2016. Pada tahun 2016-2017 penulis diamanahi sebagai wakil ketua HIMAGE-ITS, serta selama berada dikampus penulis aktif sebagai salah satu Pemandu LKMM ITS.